島根職業能力開発短期大学校紀要

第２号

２０１５年４月

巻頭言　　紀要第２号の発刊に寄せて　　小岩屋　正文 …… 1

若年者ものづくり競技大会（フライス盤職種）に向けた取り組みについて
－フライス盤職種に対する準備と指導方法－
平田　彰 …… 2

プラスチック射出成形金型の製作
―訓練課題としてのプラスチック射出成形金型の作成についての検討―
飛田　英朗 …… 6

農業用ロボットの実用化に向けての先行研究
斎藤　誠二・平田　彰 ……11

インバータ実習教材の開発
斎藤　正義 ……15

ライントレースロボットの教材開発
岸田　佳代子 ……19

有形文化財の改修に関する地域文化継承活動報告
－「平成郷蔵普請」による地域コミュニティの構築－
菊池　観吾 ……23

土蔵の再生　－空き家となった土蔵のリノベーション－
今村　将人 ……29

三層クロスパネルを使用した商品開発　－地域林業の活性化に向けた取り組み－
竹口　浩司 ……37

【参　考】
総合制作実習テーマ（２０１４年）

紀要第２号の発刊に寄せて

島根職業能力開発短期大学校「紀要」第２号をお届けします。

第１号発刊の１９９８年から１７年となりますが、島根職業能力開発短期大学校（以下、短大校）における地域企業･事業主団体等と連携した共同研究や教育･訓練活動における実践的な課題及び総合制作実習などを含め、本短大校の教職員の教育訓練活動及び研究の成果を１７年ぶりに発刊できましたことは大変うれしいことであります。第２号発刊を基に、継続して発刊できるようにすることをお誓い致します。

紀要の発刊は、感性を持った**「実践技術者」**の育成、学生が全国にチャレンジする競技会への参加、地域企業の方々と連携した総合制作や受託･共同研究等々、教育訓練の日常の成果を含めた教職員の職業能力開発実践研究成果を地域の企業・事業主団体等、地域の方々に本短大校の教育訓練に関する研究活動を十分ご理解して頂くことを目的に行われるものであります。

企業の製造現場では、**「ものづくりのデジタル化やモジュール化」**が進められており、生産や組立てなどの工程は新興国の企業に安価で委託できるようになって来ています。このような時代であればこそ、**「必要とされ、求められる人材」**は、ものづくりの生産活動を支える技能・技術を身につけた**「実践技術者」**であると確信しています。

本短大校では、一昨年より**「地入地就」**をスローガンに地元の高校生に入学してもらい、地元企業に就職させる活動を行っています。また、就職先の仕事内容をより明確にするため、今年度の２年生から**「コース制」**を取り入れています。学生にはそれ以上に、将来の長い人生を強く豊かに生きて行くための人間としての総合的な力である**「人間力」**を身につけてもらうことも学業以上に必要だと考えます。そのため、我々教職員も**「学生を導く指導力」**と**「熱い人間力」**を持ち合わせておくことが極めて重要であり、日ごろから教育訓練・研究における研鑽成果を公開、地域社会や産業界に広く発信し、その反応・疑問を受け入れ、さらなる**「共成」**（ともに成長する）を図ることこそ必要不可欠なことであります。

紀要発刊が本短大校における教職員の日常における実践記録について、ご理解いただければ、ありがたく思います。また、広く皆様方からのご意見やご批判を頂き、より機能性の高い短大校にしたいと思っています。

今後、本短大校と地域企業や各種機関の方々と連携した多くの成果が享受できるようになれば、幸いと思います。

2015 年 4 月 30 日

独立行政法人高齢・障害・就職者雇用支援機構島根支部
中国職業能力開発大学校附属
島根職業能力開発短期大学校
校　長　　小岩屋　正文

若年者ものづくり競技大会（フライス盤職種）に向けた取り組みについて

－フライス盤職種に対する準備と指導方法－

生産技術科　平田　彰

Approach for Youth Monozukuri Skills Competition (milling machine Job category)

－ Preparation and training method milling machine Job category －

Akira HIRATA

概要　平成 24 年度に若年者ものづくり競技大会へ初出場をした。競技大会への出場は初めてであったが、その一昨年度前から出場に向けた準備をしてきた。第 7 回から第 9 回までの準備並びにその結果と指導方法における取り組みを報告する。

1. はじめに

現在、中国職業能力開発大学校附属島根職業能力開発短期大学校（以下、島根校）生産技術科において、学生の技能検定資格取得に向けた取り組みを行っている。その資格取得の延長上に「若年者ものづくり競技大会」があり、近年では学生自身が志願し技能向上を図っている。結果として上位入賞を果たすことはできていないが、第 7 回から第 9 回までの準備・結果と指導方法を示す。

2. 若年者ものづくり競技大会とは

中央職業能力開発協会（以下、協会）では、若年者ものづくり競技大会について以下のように記載している。[1)]

「若年者のものづくり技能に対する意識を高め、若年者を一人前の技能労働者に育成していくためには、技能習得の目標を付与するとともに、技能を競う場が必要です。このため、職業能力開発施設、工業高等学校等において、原則として、技能を習得中の企業等に就業していない 20 歳以下の若年者を対象に「若年者ものづくり競技大会」（以下、競技大会）を開催し、これら若年者に目標を付与し、技能を向上させることにより若年者の就業促進を図り、併せて若年技能者の裾野の拡大を図ります。」

競技大会は、毎年夏に開催され、平成 26 年度で第 9 回を迎えている。島根校生産技術科は第 7 回からフライス盤職種に出場しており、通して 3 回出場している。

3. 競技大会出場の準備

平成 23 年度の総合制作実習において、「フライス盤の作業台の製作」のテーマで取り組んだ。

以前までの作業台はパネルワゴンで天板部分は皿型であった。フライス盤は回転工具を使用するため、工具の保管には皿型の方が転倒、落下を防ぐことができる。そのため、作業台としての役目を果しておらず、被削材の面取りを行う上で、非常に作業しづらい形状となっていた。

技能五輪フライス盤職種において、競技委員・補佐員と長年競技を運営し、出場企業の動向をチェックしてきた。その中で見えてきたものは、上位入賞選手の流れるような無駄のない動きをしている。作業終了後、工具類の定位置への保管。次の作業に使われる工具類の取出し、決められた場所に決められた方向で復元できる選手は、おのずと上位入賞していた。

技能検定においても精度良く時間内に仕上げるためには、環境の改善が必要であると考え、作業台の改善を行うこととした。作成当初のモデルを写真 1 に示す。

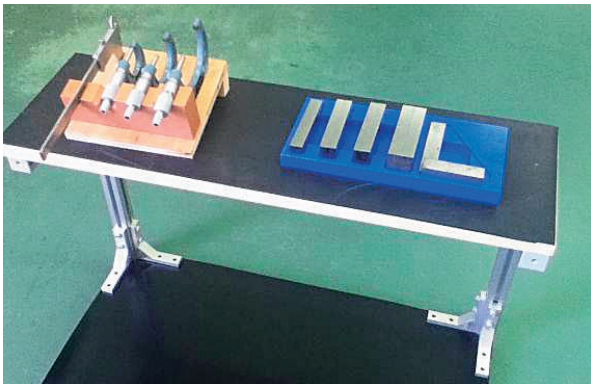

写真 1　作成当初のモデル

各種測定器の保管は、取出しやすさを考慮し、角度を付けている。平行台は使用するサイズに合わせ、ロストワックスでの加工を行った。パネルワゴンの天板皿部には木を敷き詰め、天板にゴムを張り付けることで天板部をフラットにした。このことで面取り作業の効率は格段に上がった。現在の最新モデルは、競技大会仕様で、150mm の平行台、クイックチェンジアダプタ、スコヤ、デプスマイクロメータ等が保管できるよう改良している。さらに側面にフック・ハンマー等を吊り下げ式とした。競技大会では作業台上のサイズが W750 × D500 × H900 と規定されており、さらに総高さ 1300mm 以内である。規定サイズに収まるようにアレンジした。現在のモデルを写真 2 に示す。

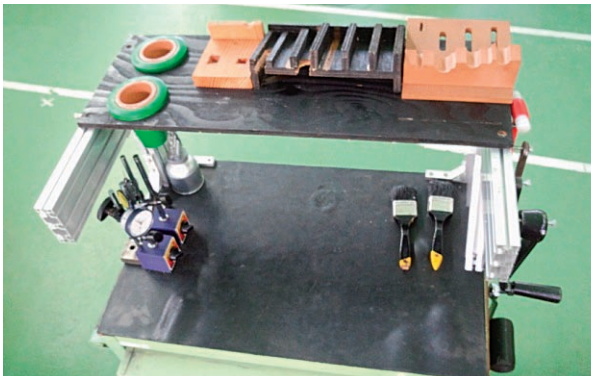

写真 2　現在のモデル

技能検定においても、競技大会においても測定器ややすりなどの工具類の干渉は減点項目となっており、この作業台を使用することで作業中の整理整頓ができるようになった。

4. 第 7 回から第 9 回までの出場選手

第 7 回から第 9 回までに出場した選手をさまざまな角度から分析を行った。主に出場に対する「意欲」、「人間性」、「作業態度」などについてまとめる。

4.1　第 7 回競技大会

第 7 回に出場した学生（写真 3）は、出場に当たって半ば強制的に出場するように説得した。出場した学生は一年次の冬に中国職業能力開発大学校で行われた「ものづくりコンテスト」において優秀な成績を収めた学生であったためである。この時の職種は旋盤作業であったが、競技に取り組む姿勢・作業中や測定時の安定感、どれをとってもこの学年の中で最も優秀な成績であった。

写真 3　第 7 回出場 S 選手（右）

何よりも、一番の決め手は人間性であった。多くの学生を担当してきたが、彼はやることをすべてきちんとこなし、そのうえ発言をすることができた。わからないことはわからない、できないことはできないとはっきり意思表示ができた。それゆえ、競技大会への出場は二の足を踏んでいた。さらには彼の得意とする加工は旋盤加工であり、フライス盤へのコンバートは非常に難色を示した。このようなことから、半ば強制的に作業を取り組むこととなった。

彼は私の提示した作業手順書を一度で理解し、練習を黙々とすることに専念していた。ここで、唯一の失敗は、過去を振り返らないことであった。

練習を行った後の測定、作業手順の見直し等にかける時間が少なかったと考える。私自身も初めての出場であり、かたちを作る・時間内に作業を終了するといったことに終始してしまった。練習全体としては課題を 8 個程度作成し、本番を迎えることとなった。

競技大会当日（写真 4）は練習の成果もあり、時間内に作業を終了することができたが、寸法精度は出ておらず、入賞には至らなかった。

写真 4　第 7 回競技風景

4.2　第 8 回競技大会

第 8 回に出場した学生（写真 5）は、前年度競技大会に出場することで得られるメリットを考え、出場を決めた。

競技大会に出場することで、自己啓発の一環となることや、それに伴い就職活動時における自己 PR や面接が有利になると説明した。このことについて実際、面接時に競技大会のことで大いに話が進んだと就職内定時に有利に働いたと彼は答えている。

彼は一言でいうと非常に意志が強いという印象がある。これは良い方向に向かう時とそうでない時があり、苦労したことも多々あった。

作業工程を提示した際には自分なりに考え、逆に提案してくることもあった。すばらしいと思う反面、間違えていることに対してなかなか認めてくれないこともあり、その点では話し合いを繰り返すことで互いに理解することを心掛けた。

また、彼の場合、競技大会の時期が非常に悪く、ちょうど就職活動と重なってしまい、面接をした日に学校へ戻り、練習を行う日があった。就職活動と練習、どちらも大事であり、彼は手を抜くことはなかった。最終的には課題（写真 6）を 10 個程度製作し、本番へ臨んだ。

競技大会当日は順調に加工できていたが、最後の面取りで大きく失敗し、入賞することはできなかった。

写真 5　第 8 回出場 K 選手

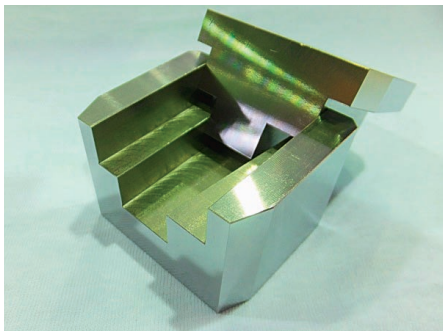

写真 6　第 8 回フライス盤競技課題

4.3　第 9 回競技大会

第 9 回に出場した学生（写真 7）は自分から出場したいと希望した学生である。希望者は 2 名であり、年度当初に 2 選手による選考会を実施して出場することとなった。

彼は一言でいうと、マイペースな人間である。時間に追われることなく、淡々と競技を行った。実際の競技大会でも焦ることもなかったが、課題を時間内に完成することもできなかった。

さらに、練習中のアクシデントにより、1 週間練習を行うことができず、機械操作の感覚も忘れ、手際が悪くなっていた。競技大会へ出発する直前も時間内に終了することができていない状態であった。モチベーションは下がってしまっており、それを上げることも技能を向上させることも時間

的に無理になっていた。棄権をすることも考えたが、これまで行ってきた努力と当日の奇跡を信じ、競技大会に出場した。結果は前述の通りである。

写真 7　第 9 回出場 H 選手

写真 8　第 9 回競技風景

5. 考察

5.1　準備

指導員はまず協会のホームページを見て、5 月に出される募集要項を確認しなければならない。その後、課題図や持参工具一覧を確認し、必要な工具類を素早く手配しなければならない。この準備が遅れると選手の練習時間が少なくなってしまう。

5.2　手順書

加工手順書は選手と共に作成した方が良い。選手の意見を取り入れることでモチベーションの向上にもつながる。

5.3　練習

課題の通し練習は数回で良い。これまでの練習はいかにその手順を覚え、時間内に収めるためにはどうするかと、全体を通して考えることが多くいなることにより、作業のどの部分の効率が悪く、どこが苦手な部分であるかの把握が不十分であった。その結果、作業分解した各要素での加工練習が必要であると考える。溝加工・段加工・勾配加工等の要素に分け、それぞれの加工を徹底的に行うこと。その積み重ねで苦手な部分や伸ばすところを明確化できる。このことは会場で意見交換した他学校の指導員も同意見であった。

練習開始時期は、カリキュラムの編成等を考慮しなければならないが、本来であれば一年次の 1 月を目処に開始することが望ましい。

5.4　出場選手

近年、自ら名乗り出て出場を決定する傾向にある。これは島根校において、競技大会出場が浸透していること、後輩が先輩の頑張っている姿を見ていたこと、等影響が大きいと考える。選手選考にあたっては校の代表であることから、その意識付けをしっかりとしなければならない。選手の自己満足ではダメである。

6. おわりに

競技大会に出場するにあたり、以下の点について注意すべきと考える。

① 学生のモチベーションの向上ならびに維持できるように、指導員は学生を注視し、見守ことが一番重要である。
② できる選手だと思って、油断しない。最後まで一緒にやってみる。
③ 準備は前倒ししてでも早く行う。

これらを実行することで、選手と共に指導員も成長できると考える。

文献

1) 中央職業能力開発協会 : 若年者ものづくり競技大会 .2014

著者 E-mail Hirata.Akira@jeed.or.jp

プラスチック射出成形金型の製作

—訓練課題としてのプラスチック射出成形金型の作成についての検討—

生産技術科　飛田　英朗

The production of the plastic injection molding die

Hideaki TOBITA

概要　プラスチック成形金型の中でも代表的な射出成形金型を訓練教材として、生産技術科の「マシンエンジニアコース」を専攻した学生に対して行う、専攻実技科目の「実習」（4単位）でどのような実習課題がよいのか検討を行う。検討の結果については、平成 27 年度から実施される、マシンエンジニアコースでの各機械加工実習（精密加工実習、数値制御実習、CAD 実習、CAD/CAM 実習、総合制作実習等）に取り入れて行く。

1. はじめに

我々の身の回りにあるプラスチック製品は、各種成形法で成形されている。この成形に必要な金型が製品の出来栄えを大きく左右する。そのため、プラスチック製品の不良の大半は金型に原因が多く、金型が悪ければ成形技術で補おうとしても高品質の製品をつくることはできない。金型は製品の良し悪しを決める技術要素である。

今回のテーマは、プラスチック成形金型の中でも代表的な射出成形金型を訓練教材として、生産技術科の「マシンエンジニアコース」を専攻した学生に対して行う、専攻実技科目の「実習」（４単位）としてはどのような実習課題がよいのか検討を行った。検討の結果については、平成２７年度から実施されるマシンエンジニアコースで各機械加工実習（精密加工実習、数値制御実習、CAD 実習、CAD/CAM 実習、総合制作実習等）に取り入れて行く。

2. マシンエンジニアコースカリキュラム

島根職業能力開発短期大学校（以下、当短大校とする。）では、平成 26 年度入学生からコース制を導入しており、生産技術科では機械加工を主とする「マシンエンジニアコース」と機械保全を主とする「メンテナンスコース」の２コースがある。マシンエンジニアでは表 1 に示す機械加工実習を行っている。

表 1　機械加工実習の一部

機械加工実習	
実習名（単位）	主な使用機械
機械加工実習Ⅰ（4）	フライス盤、旋盤
数値制御加工実習Ⅰ（2）	ターニングセンタ
数値制御加工実習Ⅱ（2）	マシニングセンタ
数値制御加工課題実習（4）	ワイヤカット放電加工機

3. 金型製作

3.1　必要要素

金型を製作するには、以下のような専門的技術要素が必要となる。

Ⅰ．成形品の設計
- ・プラスチック材料
- ・プラスチック製品設計
- ・３次元 CAD 設計

Ⅱ．金型設計
- ・材料力学、流体力学、機械材料
  機械要素、機構学
- ・設計製図
- ・３次元 CAD 設計

Ⅲ．加工
- ・機械加工学、機械工作、数値制御
- ・ボール盤、フライス盤、旋盤
  ターニングセンタ
  ワイヤー放電加工、研削盤
  CAD/CAM

Ⅳ．組立・調整、検査
- ・機械組立、手仕上げ
- ・精密測定

Ⅴ．成形
- ・射出

以上のように、金型を製作するには多くの技術が集積している。

3.2　金型設計の流れ

金型設計を行う上での一般的な流れを図 1 に示す。

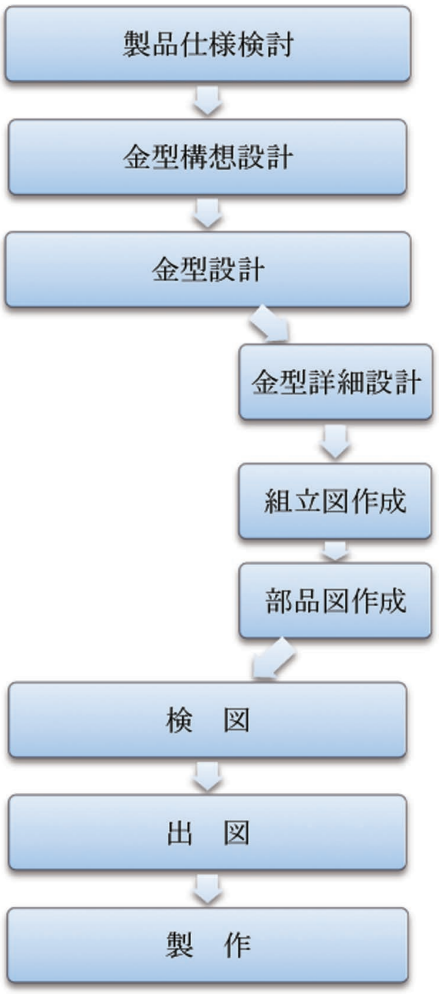

図 1　金型設計の流れ

金型設計では、金型仕様書を基に金型詳細設計を行い、組立図、部品図の作成を行う。そして、すべての仕様書と照合させ検図を行い、図面を出図する。「製作」では、加工図を基にし、金型を製作する。以上が、金型設計製作の一般的な流れである。図 2 に３次元 CAD で作成した組立図を示す。

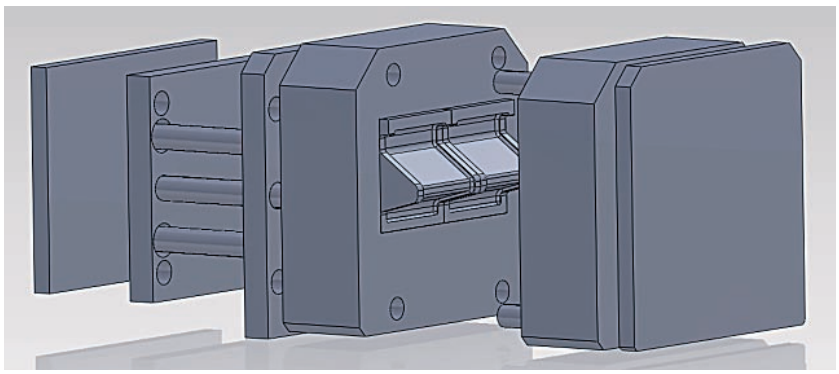

図 2　３次元 CAD で作成した組立図

4. 実施方法及び課題

4.1　授業科目と製作部品

金型製作では、加工する部品が数点あるので、各実習でそれらの加工を行う。授業科目及び加工部品を表 2 に示す。

表 2　授業科目及び加工部品

授業科目	部品名
CAD 実習 I	キャビ、コア
CAD 実習 II	入れ子、キャビ、コア
CAD/CAM 実習	入れ子、キャビ、コア
機械加工実習 I	入れ子（２個）
数値制御実習 II	入れ子、キャビ、コア
精密加工実習	入れ子、キャビ、コア

4.2　使用機械

実習で使用する機器を表 3 に示す。

表 3　実習で使用する機器

設計製図	２次元 CAD
	３次元 CAD
プログラム作成	CAM
加工	フライス盤
	マシニングセンタ
	ワイヤーカット放電加工機
	研削盤

4.3　成形品

課題の成形品は、金型構造の複雑化を避けるため、以下の仕様にした。

①１回の成形で複数の成形品を取り出すこと。

②抜き勾配をとること。

③製品肉厚が 3.0 ｍｍ以下にする。

④アンダーカットのない形状にする。

⑤シャープコーナーをつくらない。

⑥シンプルな形状にする。

⑦射出する材料は PP。

⑧学生に身近な製品とする。

以上の内容から、図 3 に示す形状の成形品を考えた。

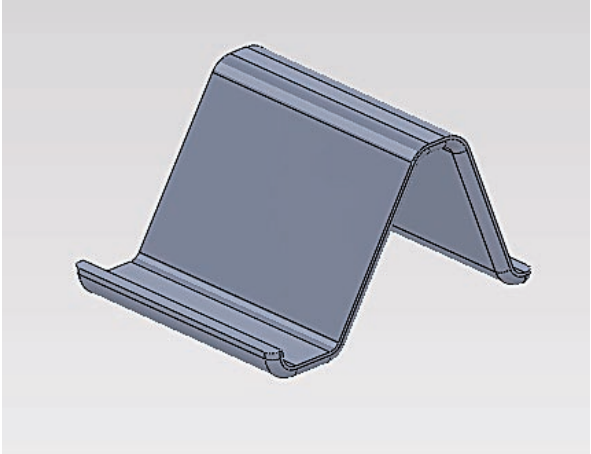

図 3　成形品の完成予定図

4.4　金型構造と種類

課題で製作するのは、2 プレート構造金型と呼ばれ、1 枚が固定側型板（キャビティ）、もう一枚が可動側型板（コア）である。特徴としては、3 プレート構造より、金型構造が簡単であり、製作費が安い。図 4 に 2 プレート構造金型を示す。

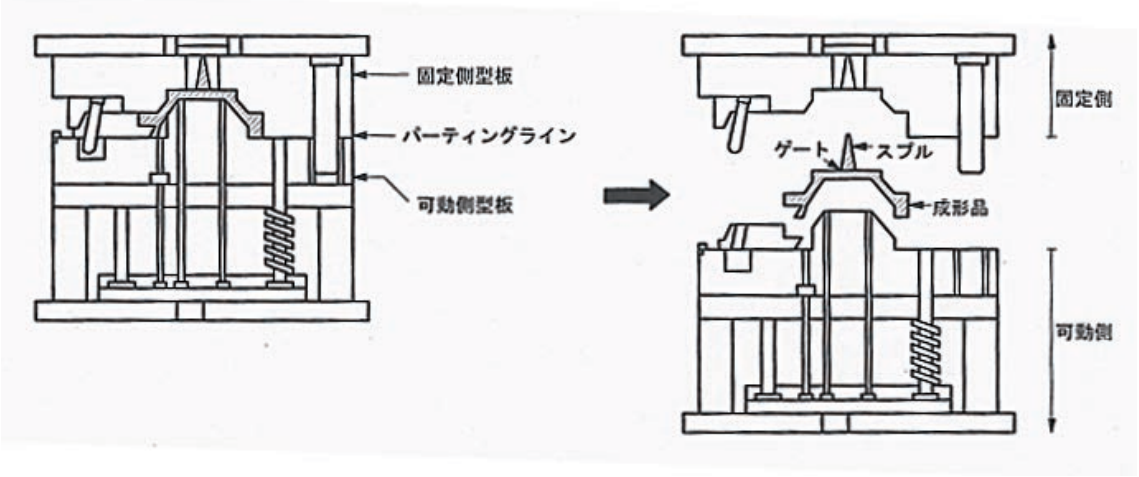

図 4　２プレート構造金型

また今回の課題では、加工性を考え、入れ子構造を用いた。課題では、金型のコア側形状が凸形状、キャビ側は凹形状になり、これを金型一体で加工しては加工効率が悪くなるため、別部品を加工し入れ子構造とした。図 5 に可動側の入れ子構造、図 6 に固定側の入れ子構造を示す。

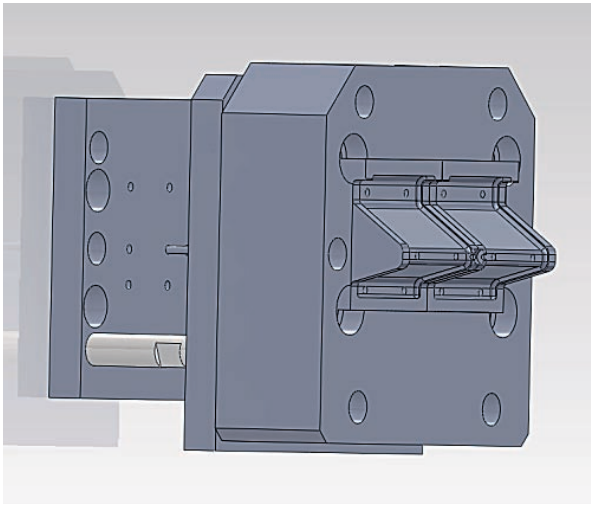

図 5　可動側入れ子構造

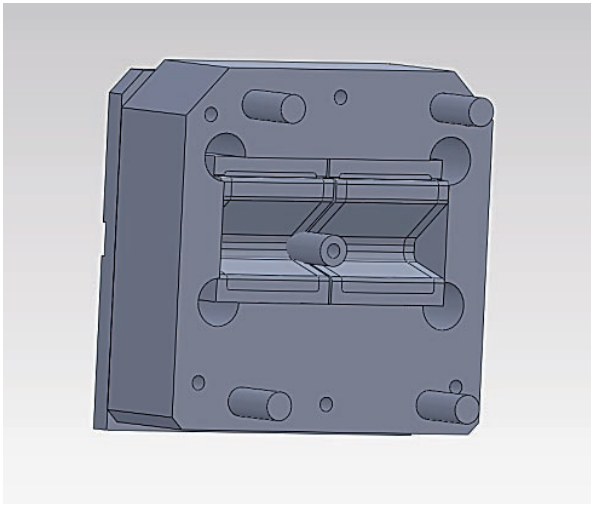

図 6　固定側入れ子構造

4.4.1 エジェクタ機構

成形品を金型から抜き出す機構では、一般的に稼働側（コア側）金型のみに設けられている。今回の課題では、エジェクタピンにより成形品を突き出す方式を用いる。これは、最も多く使われている合理的な方式である。図 7 にエジェクタピンで突出す様子を示す。

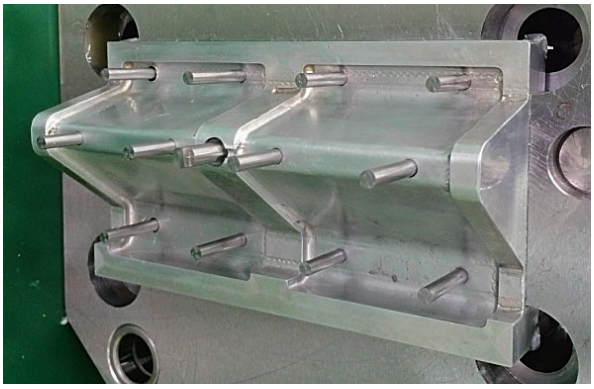

図 7　エジェクタピンで突出す様子

4.4.2 ランナ

ランナは、スプルを通過した溶融樹脂を各キャビティ内に分配するのが主な役割である。今回の課題では、以下の事に注意しランナレイアウトを行った。

・ランナ長さは必要最低限とする。
・スプルから各ゲートまでは、同じ長さとする。
・I 形ランナレイアウトを基本とする。
・金型中央部に配置できるようにする。

またランナ断面形状は、金型温度の影響を受けないよう最小表面積、さらに加工性を考え円近似台形とした。

4.5　試作

4.5.1 成形品の試作

試作品は 3D プリンタを使用して製作した。完成した試作品を図 8 に示す。

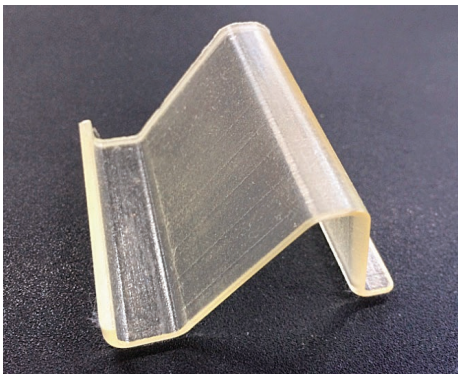

図 8　3D プリンタで製作した試作品

4.5.2 金型の試作

CAM で加工プログラムを作成した。その後、プログラムや切削工具に問題がないか確認するために、金型の試作を作成した。材料はケミカルウッ

ドを使用し、マシニングセンタで加工を行った。図 9 に作成した入れ子の試作品を示す。

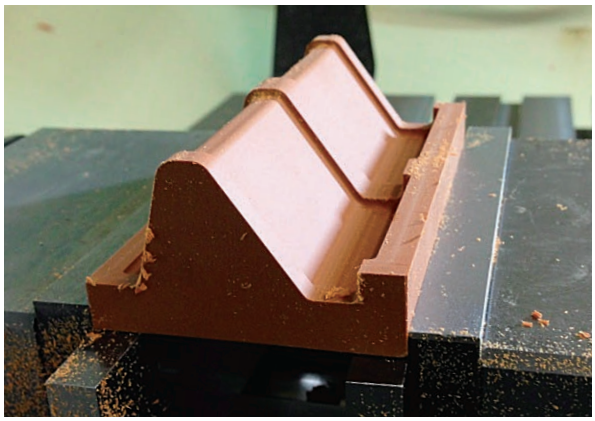

図 9　加工した入れ子の試作

4.6　加工

試作品（ケミカルウッド）の加工で、プログラムに問題がない事が確認でき、コア側はマシニングセンタで加工を行った。また、キャビティ側はワイヤー放電加工機で加工を行った。

加工後はやすりを使用し、磨き作業を行った。

4.7　組立調整

加工終了後は、各部品の組立て調整を行った。13 ヶ所のエジェクタピンを入れる穴位置に注意し慎重に組立てを行った。図 10 に組立て後の金型を示す。

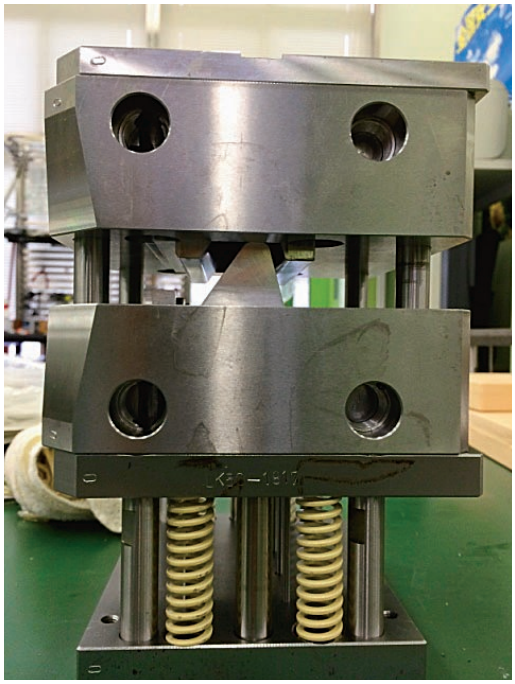

図 10　組立て後の金型

4.8　射出成形

表 4 に当短大校の射出成型機の仕様を示す。

表 4　射出成型機の仕様

スクリュ径	22mm
射出体積	35cc
型締力	354kN
型締ストローク	300mm

射出成形では射出時間、冷却時間、樹脂量の調整を行い射出を行った。図 11 に完成した製品を示す。

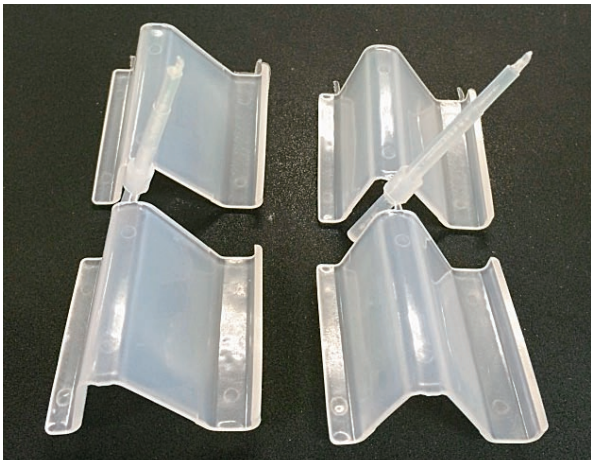

図 11　完成した製品

5.　おわりに

今回は、生産技術科マシンエンジニアコースの実習課題について検討を行った。射出成型金型を製作するためには、射出成型金型の設計や工作機械を使用しての多くの部品加工が含まれる。学生にとって限られた訓練時間に、多くの技能や技術、知識の習得を考えた場合、効率的に実施できる課題であることがわかった。

文献

1) 金型設計技術　プラスチック成型金型の設計
（社）実践教育研究協会

著者 E-mail Tobita.Hideaki@jeed.or.jp

島根職業能力開発短期大学校紀要
第２号（2015 年４月）

農業用ロボットの実用化に向けての先行研究

電子情報技術科　斎藤　誠二　・　生産技術科　平田　彰

Study on Autonomous Agricultural Robot for Practical Applications

Seiji SAITOU and Akira HIRATA

概要　現在、日本の農業分野における労働力不足や農業就業者の高齢化が問題となっており、その対策として、農作業の軽減化・省力化が重要であり、電子技術・制御技術を利用した農業機械の開発が急務となっている。このような背景のもと、平成 24 年度からの 3 年間、農業機械メーカーである企業と農業用ロボットの自律走行実現化に向けた共同研究に取り組んだ。本共同研究の目的は、自律走行可能な農業用ロボットの実用化が挙げられるが、その他、企業における電子技術・制御技術の蓄積を図り、今後、各種農業機械に電子制御システムを導入する上で必要な開発環境を構築することもある。

本報では、農業用ロボットが自律走行するために必要な電子制御システムの開発と制御アルゴリズムの構築を行うために取り組んだ内容と結果についての一部を報告する。

1. はじめに

日本は世界でも類を見ないスピードで少子高齢化が進展しており、これに伴う生産年齢人口の減少と人手不足に直面する課題先進国である。農業分野においても例外ではなく、従業者の高齢化から深刻な労働力不足が懸念されている。そのような中、日本再興戦略 2014 の中で、ロボットによる新たな産業革命を実現するための戦略として、農業を含む非製造業でのロボット市場を 2020 年までに 20 倍に拡大するとの方針が出されている。実際に、無人で農作業を行う農業用ロボットの技術開発が進めば、生産効率は飛躍的に高まることが期待される。

今回、共同研究を実施した企業は、農業機械の開発・生産・販売を一貫して行っている農業機械メーカーで、国内外で社会進展に寄与している。

現在、研究本部において、ビニールハウス内で農薬散布を行う“防除ロボット”の開発を行っているが、電子技術・制御技術を駆使した農業用ロボットの開発は難しい課題となっており、農業用ロボットの電子化への対応が急務となっていた。そこで、防除ロボットを開発対象とし、本共同研究に取り組むことになった。

研究内容としては、ビニールハウス等の屋内環境を前提とし、車輪型ロボットが決められた走行路を自律走行するための電子制御システムの開発と制御アルゴリズムの構築をめざした。具体的には、各種センサを用いたロボットの進行方向（姿勢角）の推定と自己位置の算出技術を用いて、自ら状況を判断し動作する機能を電子制御技術によって確立することである。また、本共同研究では走行性能を評価する際に使用する車体の製作にも取り組んだ。

本報では、共同研究で行った取組みの報告と技術移転内容の一部について報告する。

2. デッドレコニングによる制御

2.1　デッドレコニング

自律走行を実現するための制御手法では、ロボットの現在位置と姿勢角を算出する必要がある。自律走行ロボットの自己位置を検出するための方法は、デッドレコニングとスターレコニングに分類することができるが、共同研究の 1 年目は、ロータリーエンコーダやジャイロセンサなどの内界センサを用いて、自己位置と初期位置からの車体の相対角度を計測する手法であるデッドレコニング

を採用し、共同研究に取り組んだ。図 1 にデッドレコニングによるモータ制御ブロックを示す。左右モータと車体角度の制御は PID 制御を用いて行った。

図 2 に運動モデルを示す。本モデルはロボットの滑りを無視したモデルであり、(X_k, Y_k) は時刻 k の車体の現在座標、(X_t, Y_t) は目標座標である。本手法は目標軌跡に追従するようにロボットを制御する方法で、現在座標と目標座標からモータ速度制御に必要なパラメータを求めている。現在座標 (X_k, Y_k) は以下のように求められる。

$$\theta_k = \theta_{k-1} + \Delta\theta_j$$

$$\Delta L = \frac{\left(\Delta L_R + \Delta L_L\right)}{2}$$

$$X_k = X_{k-1} + \Delta L \cos\left(\theta_{k-1} + \Delta\theta_j / 2\right)$$

$$Y_k = Y_{k-1} + \Delta L \sin\left(\theta_{k-1} + \Delta\theta_j / 2\right)$$

ここで、θ_k は車体の姿勢角、ΔL_R と ΔL_L は左右車輪の制御周期における移動距離、$\Delta\theta_j$ は制御周期における姿勢角の変化量を表す。実際の制御周期における移動距離と姿勢角は、ジャイロセンサとロータリーエンコーダから求めている。今回採用したデッドレコニングによる制御式を以下に示す。

$$\theta_t = \theta_k - \theta$$

$$\Delta V = K_t\theta_t + K_{tD}\dot{\theta}_t$$

$$V = K_v l_t$$

$$V_R = V - \Delta V$$

$$V_L = V + \Delta V$$

ここで、K_t、K_tD、K_v は制御パラメータ、V_L、V_R は左右車輪の指令速度、θ、l_t は現在座標と目標座標から得られる角度と距離を表す。

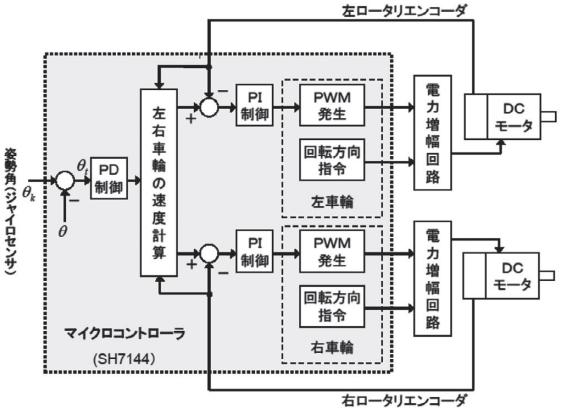

図 1　モータ制御ブロック

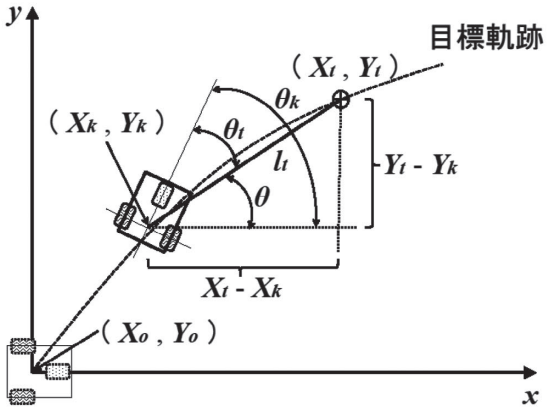

図 2　運動モデル

2.2　シミュレーションによる動作検証

提案した制御式を検証するために、制御系シミュレーションソフト（MATLAB、Simulink）を使用し、図 3 に示すモデルを作成し、走行シミュレーションを行った。ここで、シミュレーションでのパラメータは、自律走行試験で使用したモータ等のデータシート、パラメータを同定するために行った実験で得られた値を使用した。また、ジャイロセンサから得られる姿勢角については、シミュレーションでは左右車輪の移動量から算出した値を使用した。

左右モータと車体角度の制御に使用する PID 制御ゲインは、シミュレーションを繰り返し、試行錯誤により得られた値を使用した。

図 4 に目標軌跡とシミュレーションの結果である走行軌跡を示す。

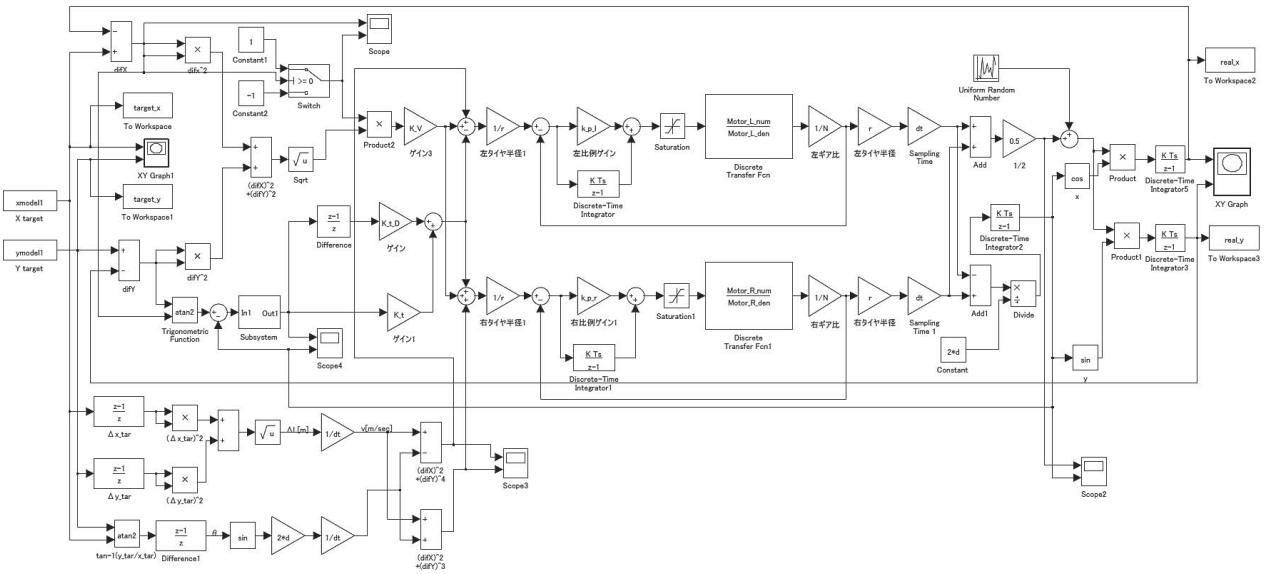

図 3　シミュレーションモデル

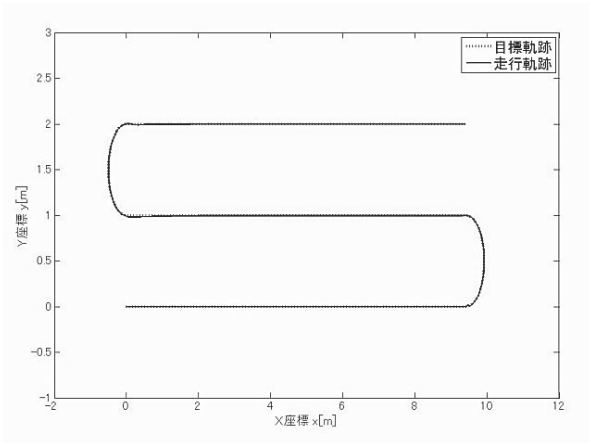

図 4　シミュレーション結果

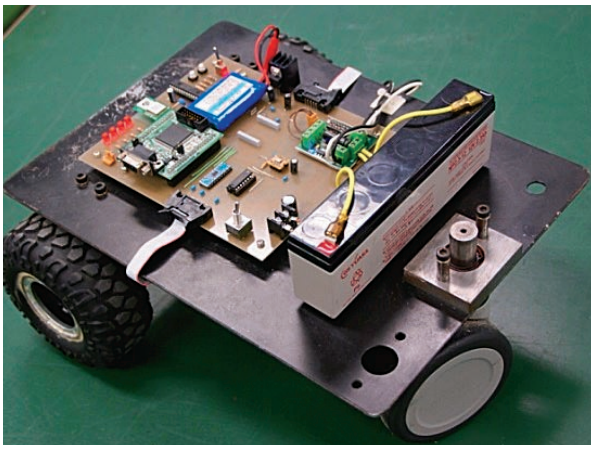

図 5　走行実験に使用した車体

目標軌跡は、図中の $(x,y) = (0,0)$ から X 軸の増加方向に移動し、3 つの直線と 2 回の旋回で構成されている。結果から、目標軌跡と走行軌跡に良好な一致がみられ、本制御手法が有効であることが確認できる。

2.3　自律走行試験

ジャイロセンサを用いたデッドレコニングの走行精度を評価するために、評価用に製作した車体（図 5）を使用し、平坦な路面において自律走行試験を行った。

目標軌跡は、右旋回で半径 0.5m の半円となる軌跡で、目標座標の各データはあらかじめマイクロコントローラ（以下、マイコン）に登録しておき、制御周期 0.1s 毎に目標座標が移動するように与えた。図 6 に走行試験における目標軌跡と走行軌跡を示す。ここで、走行軌跡のデータは上記で紹介した現在座標の計算をマイコンで行ったもので、車体に搭載している無線通信機器（ZigBee 規格対応機器）からパソコンに送信したデータを表示したものである。

目標軌跡と走行軌跡の偏差は若干生じたものの、精度よく軌跡に追従している。また、図 4 に示す目標軌跡での走行も何度か行ったが、± 5cm の誤差以内で走行した。しかし、走行中にジャイロセンサのドリフトエラーが発生し、走行距離に比例して累積誤差が増加することを確認した。また、悪路での走行試験ではジャイロセンサを用い

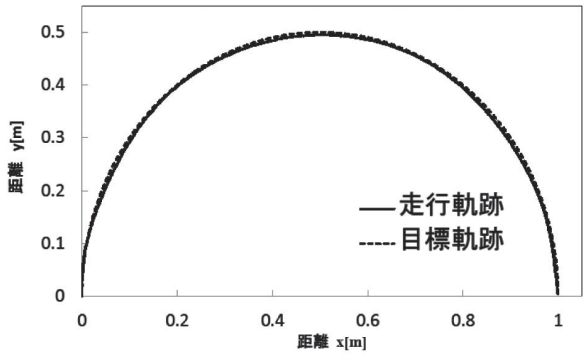

図 6　旋回走行結果

たデッドレコニングによる自己位置推定が難しく、路面が平坦でない場所を走行する農業用ロボットには本制御手法を適用することは問題が多いことが確認でき、GPS 等のセンサによる車体の自己位置認識技術を利用したスターレコニングを適用する必要性を再確認した。

3. スターレコニングによる制御

3.1　スターレコニング

スターレコニングの一般的な手法として、外界センサである GPS を用いた WGS-84 系絶対座標をもとにした絶対位置計測方法がある。

将来的に防除ロボットをビニールハウス等で使用することを考えると、数 cm 誤差での位置計測が可能な GPS センサが必要となるが、その精度を満足するセンサは数百万円と高額なものとなる。そこで、本研究では比較的安価な GPS センサを使用した絶対位置検出技術を確立することと、GPS センサを使用したスターレコニングでの制御アルゴリズムをシミュレーションで確認するまでを行った。これらは、今後 GPS センサの高精度化と低価格化が進み、防除ロボットに使用可能となった際に参考になるものと考える。

3.2　GPS データ

一般的に、GPS センサから得られた位置情報は WGS-84 系の緯度･経度で表されるため､ロボット制御に利用するためにはこれらを距離系座標に変換する必要がある。

本研究では、GPS のデータ受信と緯度・経度座標から平面直角座標系への変換には、ロボット制御用マイコンとは別のものを使用し、１秒毎に取得する緯度・経度から平面直角座標系に変換した座標を、ロボット制御用マイコンに I2C 通信により送信している。

3.3　制御アルゴリズム

ロボットの自律制御を行うために、GPS センサとジャイロセンサから得られた車体位置と姿勢角を組み合わせて用いる場合、両センサの座標系を一致させる必要がある。

今回、デッドレコニングとスターレコニングのお互いの欠点を克服するために、2 つの手法を組み合わせて用いるセンサフュージョンの手法を提案した。

4. おわりに

本共同研究では、企業における電子技術・制御技術の蓄積を図る目的もあったため、自律走行ロボットとしては基礎的な内容であるデッドレコニングでの走行制御から実施した。研究を進める中で得られたシミュレーション、制御プログラム、制御システムに関するデータは、今後の開発に利用してもらうため、共同研究企業に提供し技術移転を行った。

文献

1) 前山祥一・大矢晃久・油田信一，移動ロボットの屋外ナビゲーションのためのオドメトリとジャイロのセンサ融合によるデッドレコニング・システム，日本ロボット学会誌，vol.15, No8, pp.1180 ～ 1187, 1997
2) 木瀬道夫・野口伸・石井一暢・寺尾日出男，RTK-GPS と FOG を使用したほ場作業ロボット（第 1 報），農業機械学会誌，vol.63(5)，pp.74-79，2001
3) 木瀬道夫・野口伸・石井一暢・寺尾日出男，RTK-GPS と FOG を使用したほ場作業ロボット（第 2 報），農業機械学会誌，vol.63(5)，pp.80-85，2001
4) 水島晃，農用車両のための航法センサに関する研究，北大農研邦文紀要，vol.27(1)，pp.199-267，2005

著者 E-mail Saito.Seiji@jeed.or.jp

島根職業能力開発短期大学校紀要
第２号（2015 年４月）

インバータ実習教材の開発

電子情報技術科　斎藤　正義

Development of Inverter Training Teaching Materials

Masayoshi SAITOU

概要　在職者を対象にした訓練において、生産設備等に使用されるインバータとそれを制御する PLC(Programmable Logic Controller) について学ぶための実習教材の開発を行ったので報告を行う。

1. はじめに

企業から生産設備等に使用されるインバータに関する在職者訓練の依頼を受け、実施することとなった。その訓練で使用する教材を作成したので報告を行う。また、作成した教材は本訓練以外の在職者訓練や離職者訓練において、制御関連実習の制御対象としても利用できるように開発を行った。

2. 作成教材

本教材は在職者訓練において高齢・障害・求職者雇用支援機構が定める標準カリキュラムに沿ったもので「PLC 制御における実践的インバータ制御技術」というコースを実習するための教材である。

作成した教材は以下の 2 点である。

・実習装置
・受講者用テキスト

2.1　実習装置

本装置の構成機器は図 1 に示す通りである。実習では配線作業や各機器の端子電圧の測定を行うために各機器を購入してきた状態に近い状態で実習を行えるようにした。

作成内容は各機器の固定具の作成と使用頻度の高い端子をねじ山がつぶれても問題が出ないように別の端子台に取り出す等である。

機種選定では、インバータは様々なメーカから販売されているが今回、依頼があった企業で使用している機種や著者が制御関連の在職者訓練を実施した時に受講者に聞いた結果、ほとんどが三菱電機（株）製であったことから同社のインバータを選定した。

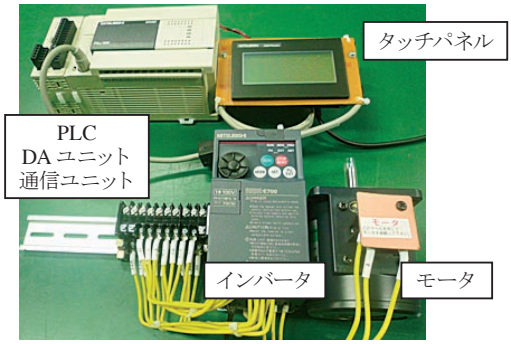

図 1　実習装置

インバータは三相誘導モータ（以下、モータと記す）への印可周波数を変化させ、速度制御を行う装置であるために、ほとんどの機種は定格電圧が三相 200V である。しかし、実習室で使用する電源を考え、単相 100V で動作する機種を選定した。

インバータを制御する PLC やタッチパネルもインバータの機種選定理由と同様に三菱電機（株）製の機種を選定した。

本装置を対象コース以外の PLC 関連の負荷装置として利用した場合、以下の実習を行うことができる。合わせてテキストの作成も行った。

2.1.1　高速カウンタ実習

インバータは図 2 の FM 端子から出力周波数（パラメータで出力電圧やトルク等に変更可能）に比例した周波数でパルスを出力している。それを PLC でカウントすることにより PLC 側でイン

バータの運転状況を把握することができる。インバータから出力されるパルスのパルス幅は短いためにPLCの入力フィルタや割り込みおよび高速カウンタを使用する必要がある。それらの機能を使用し、インバータの運転状況を確認しながら、高速カウンタ等の実習を行うことができる。

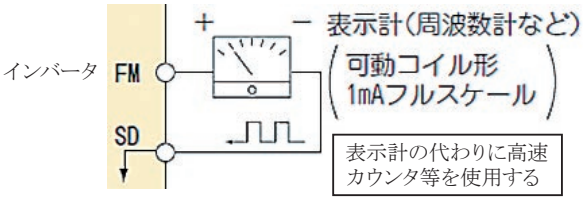

図2　出力周波数の表示[1)]

2.1.2　デジタル･アナログ（DA）変換実習

インバータの出力周波数は図3の2番端子か4番端子にアナログ電圧か電流を印加することによって制御することができる。そのアナログ電圧をPLCから出力するためには、DAユニットを用いるかPLCがトランジスタ出力であればPWM(Pulse Width Modulation)出力とローパスフィルタの組み合わせによりアナログ電圧を作り出す必要がある。モータの速度制御を通して、DAユニット等の実習を行うことができる。

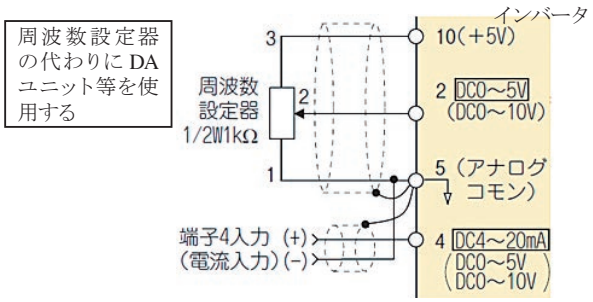

図3　アナログ入力による速度制御[1)]

2.1.3　シリアル通信実習

インバータの運転状況の把握、パラメータの読み書きおよび運転･停止等をRS-485規格のシリアル通信でPLC側から行うことができる。また、パラメータの読み書きは数値データであるために、それらの設定や表示にタッチパネルを接続し、モータやインバータを確認しながら、通信の実習を行うことができる。

2.2　受講者用テキスト

インバータの特性やパラメータの説明はメーカが用意しているもの使用するが、パラメータの種類によっては関連する説明が複数の離れたページに記載されているため、そのままでは使用しにくい。そのために実習に沿って関連する内容を1カ所にまとめる編集を行った。また、説明を記載するだけではなく、インバータの特性やパラメータの意味を理解するための実習も合わせて記載した。

PLCとの配線図や制御プログラム等は標準カリキュラムに沿って作成を行った。

3. カリキュラム

本教材は標準カリキュラムに沿った内容を行うものである。そのカリキュラムの項目ごとに、教材を作成する上で工夫した点や注意した点等を以下に記述する。

3.1　インバータ概要

3.1.1　三相誘導モータの動作原理

モータの動作原理を理解することにより、モータの回転数の算出式やモータを直入れ運転した時の電気的特性やトルク特性の理解と問題点を把握できるようにした。

3.1.2　インバータの原理及び利用方法

インバータは商用電源から供給される交流電圧（50Hz/60Hz）を直流電圧に変換し、その直流電圧を交流電圧（任意の周波数）に変換し、それをモータに印加している。それらを理解し、さらにインバータ使用時の注意点や特性を理解するために、直流電圧の測定や回生ブレーキの必要性または直流電圧から交流電圧を作るときに使用するPWM信号のキャリア周波数を可変した時のモータの振動等の確認をできるようにした。

3.1.3　各種パラメータの意味と設定

インバータの加速時間の設定やインバータの特性による始動トルクの落ち込み等を理解するために、パラメータを可変しながら、図4に示す専用ソフト[2)]を用いて特性の確認をできるようにした。

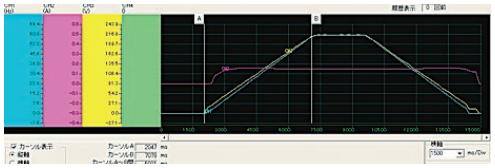

図4　専用ソフトによる特性図

3.1.4　インバータ単独運転による汎用モータ制御実習

インバータは電源とモータを接続し、インバータを操作するだけで簡単にモータの速度制御を行うことができる。しかし、PLC 等の外部装置を使用し、インバータを制御する場合、インバータの入力回路について理解をする必要がある。そのために押しボタンスイッチや切り替えスイッチ等、内部構造が理解しやすい機器とインバータの配線作業を行うようにした。

3.2　PLC プログラミング

3.2.1　PLC との接続

インバータには図 5-1 に示す入出力端子があり、PLC から回転方向、出力周波数および停止方法等を制御することができる。また、インバータはモータの運転状況等も出力しており、それらの制御が行えるように図 5-2 の配線作業を行う。インバータの入出力回路は既に理解しているので、ここでは PLC の入出力回路を理解しながら配線作業を行い、プログラミングを通して入出力の関連を理解できるようにした。

図 2 の FM 端子は電圧出力であり、PLC へ接続するためには接点出力へ変換する必要があるために、その変換回路の作成を予め行っておく。

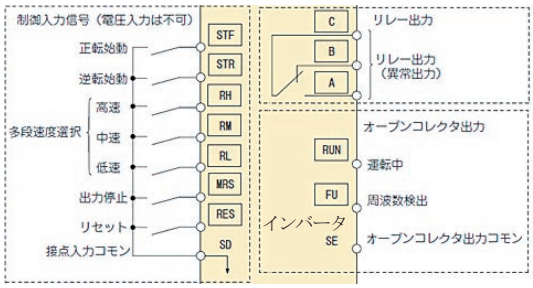

図 5-1　入出力端子 [1)]

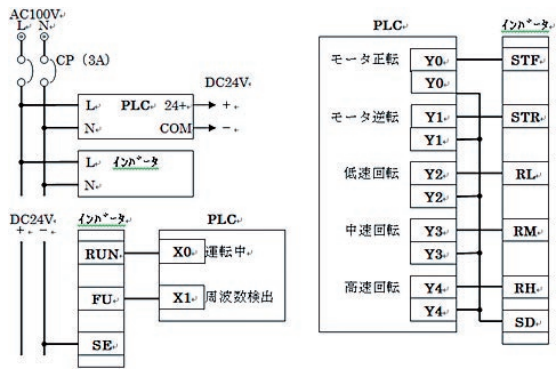

図 5-2　配線図

3.2.2　環境設定

インバータはパラメータの変更により、入出力端子の役割や出力端子の動作タイミングを変更することできる。また、インバータの操作に制限をかけたり、インバータの操作性を変更することができる。それらの操作を通して、インバータの端子の役割や機能を理解できるようにした。

3.2.3　PLC プログラミング技術

プログラミング技術に関しては、今までの項目以上に経験の違いによる事前知識に差が生じてしまう。標準カリキュラムの訓練対象者は「自動化設備の設計・保守業務に従事する技能・技術者等であって、指導的・中核的な役割を担う者又はその候補者」となっているが、この中での保守業務は、企業によって機械担当と制御担当等に分かれる場合があるために訓練対象者が一致していても事前知識に大きな差が生じてしまう。事前知識の差が訓練の理解度の差にならないようにするために、最初に PLC の基本命令を使用し、インバータの正転や停止といった単純な制御とプログラミングを行い、プログラムの理解を深めていけるように課題の作成を行った。

最初に PLC の基本的な命令を使用し、インバータの正転や停止といった単純な制御とプログラミングの課題を行い、プログラミング技術を深めていけるようにした。

また、インバータに正転と逆転等、相反する信号が入ったときの動作やそれらを意図した動作に変更するには、どうのようにプログラミングをすればよいか等の実習を行う。

3.2.4　インバータによる可変速制御実習

PLC によるインバータの出力周波数は図 5-1 の多段速度選択信号の組み合わせによって多段階で制御ができる。また、PLC に DA 変換やシリアル通信を使用しなくてもインバータの遠隔設定機能により加速信号や減速信号を使用して出力周波数を無段階で制御することができる。それらの機能を使用し、本実習を行う。

3.3　総合実習

3.3.1　実習課題の仕様について

本装置は無負荷でモータを駆動し、FM 端子の

出力結果を表示し、動作確認を行う。配線図は図5-2に従い、IO割り付けおよびインバータの各端子の機能の確認を行う。

3.3.2　PLCによるインバータ制御回路設計実習

以下の(イ)～(ホ)に示す制御回路設計実習を行う。回路設計図は図5-2を元にして、必要な機能を追加していく。ただし、スイッチ等の入力機器に関しては図6に示すようなタッチパネルの画面を使用して実習を行う。

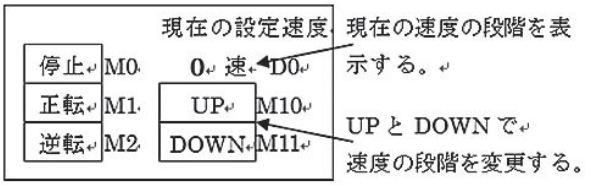

図6　多段速制御実習用のタッチパネル画面

(イ)単純始動の制御実習
(ロ)正転・逆転制御実習
(ハ)3段速制御実習
(ニ)多段速制御実習
(ホ)可変速運転による応用制御実習

一例として、「(ニ)多段速制御実習」について実習の流れを記述する。

最初に図6のタッチパネルの画面を見ながら実習の説明を行う。タッチパネルの画面は予め作成しておき、受講者はその画面を呼び出すだけである。タッチパネルの実習を交える場合はタッチパネルの作成も合わせて行う。

次に、インバータの端子の説明を行い、図5-2を元にしてPLCとの配線図を示す。必要であれば配線作業を行う。配線作業が終了したら、図7のプログラミングを行う。プログラムは何もないところから考えるのではなく、「(イ)単純始動の制御実習」から順番に作業を行っていくので、前の実習のプログラムの一部を変更するだけである。必要であれば新しい命令について説明を行う。図7であれば「INC命令」と「DEC命令」の説明になる。最後にインバータのパラメータの変更を行う。今回であれば、4速以上の周波数設定を行う必要がある。動作確認を行ったあと、図7のプログラムだけでは、特定の操作をしたときに問題が生じる場合があるので、その修正作業を行う。

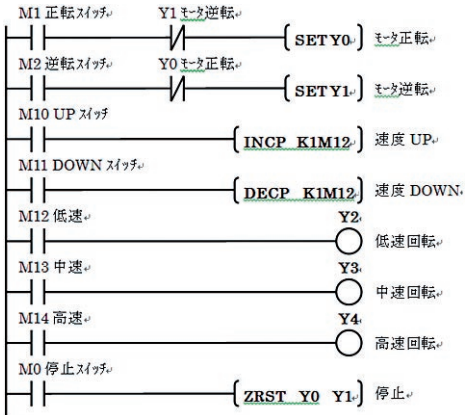

図7　多段速制御実習用のプログラム

3.3.3　運転中のモニタ方法

運転中のモニタはタッチパネルを用いて行う。現在のトルクや電流値等の詳細な確認は図4で示した専用ソフトを用いて行う。

3.3.4　試運転・デバッグ・メンテナンス

試運転は実習の都度行い、プログラム上の問題は受講生に考えてもらう。インバータのエラーはパラメータの説明のときに意図的に出して、エラーの意味や取り除き方を説明する。

4. おわりに

本教材を使用した在職者訓練を実施した結果、利用者アンケートで4段階中、上から2段階目の「分かりやすかった」と評価した受講者が多かった。もう少しテキストに説明等を追加し、さらに良い評価を頂けるようにする必要がある。

本カリキュラムに沿った実習だけでは、実習装置の使用頻度が低いので、今年度、開催予定の在職者訓練「数値処理によるPLC制御技術」で実習装置の一部を利用できるようにする。そこで使用するPLCの機種が本教材とは違っており、またそのカリキュラムに問題が出ないようにするために作成したテキストと実習装置を一部変更する必要がある。

文献

1) 三菱電機(株)　FR-E700取扱説明書（基礎編）
2) 三菱電機(株)　MELSOFT FR Configurator2

著者 E-mail Saito.Masayoshi@jeed.or.jp

ラインとレースロボットの教材開発

電子情報技術科　岸田　佳代子

The development of teaching materials
that autonomous robot runs through the set course

Kayoko KISHIDA

概要　魅力アッププロジェクトの一環で競技会の出場をめざし取り組んでいる。取り組んだ技術から学んだことを活かし、コース制のロボットコースで扱われる教材の一部として、ラインとレースロボットの教材開発した内容を記す。

1. はじめに

今年度から当校の魅力アッププロジェクトの一環として、競技会の出場をめざし、取り組んでいる。今回競技会として参加を試みたのは、「全日本マイクロマウス大会」である。この大会には２種目あり、「マイクロマウス競技」と「ロボトレース競技」がある。

「ロボトレース競技」とは黒い床に引かれた白いライン（一周 60 m以下）の周回コースをできるだけ早く走る（トレースする）ことを競う競技である。円弧の曲率半径は、10cm 以上であり、最初の走行でコースを記憶し、円弧やコースに合わせ、スピードを調整しメリハリのある走りをすることにより、早く走ることができる。

今回出場を試みたのは「ロボトレース競技」であり、競技者はマイクロプロセッサ（以後マイコン）をロボットに搭載し、複数のセンサで正確にコースを読み取り、モータの速度調整する必要がある。これらの技術は電子情報技術科で学ぶ技術を総合したものであり、ロボット制御を学ぶのに適していると考える。

教材として扱うには、前提条件として、一連の電子部品についての知識、モータの種類や特長、制御の方法、マイコンの基本的な使い方を習得している必要がある。専門課程 2 年次の応用的課題として適しているものと考える。

そのほかに、ロボットを最速で走らせるためには、使用する部品の材料や重量についても考慮する必要がある。どのような内容を中心に学習するのか検討し、学生が考え工夫する点も残しつつ、安定した動作をするロボットを製作するため、今年度実験、検証した事柄を報告する。

2. ハードウェアの設計について

マイコンとモータドライバは 2 年次の授業の中でも使用し、PWM 制御の機能を持っている物を使用する。これはモータの速度制御を可能にする。さらに動作確認やセンサの反応状態を確認するために LED を取り付けた。センサは小型のものを使用し、前方コースを読み取る（以後、トレースセンサ）のに 3 つ、スタートゴールマーカを検出する（以後、スタートセンサ）ために右に 1 つ、コーナマーカを検出する（以後、コーナセンサ）ために左に 1 つ用意した。回路図を示す。（図 1）

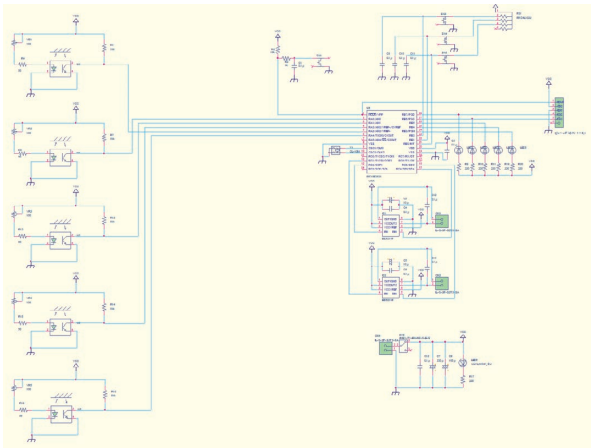

図 1　回路図

最初に検証したロボットは、必要なものを最低限組み込んだシンプルな回路となった。

2.1　１号機ロボット

最初に作成したロボットサイズは 185 × 120mm、前方にトレースセンサ、スタートセンサ、コーナセンサの 5 つを並べた。このロボットは、緩やかなカーブの多いコースでは走ることが出来るが、マイクロマウス大会の本戦で多用される半径 100mm のコースを曲がりきることができなかった。

原因は全長の長さである。センサがカーブを読み取るとモータはそれに合わせ曲がり始める。センサとモータの間に距離があるので、モータがカーブに到達する前にコースアウトとなる。

プログラムでモータの連動に時間差を持たせることも出来るが、電池の消耗具合により、モータの速度に違いが生じるため、調整が複雑になることが分かった。

2.2　２号機ロボット

次に全長を抑えたロボットに変更し、スタートセンサ、コーナセンサをモータの近くに配置した。これらのセンサを移動させたのは、センサ読み取りとモータの駆動に時間差を持たせなくてもすむようにしたためである。しかし、ラインはなるべく早く読み取れるほうが良いと考え、前方に置くこととした。（写真１）

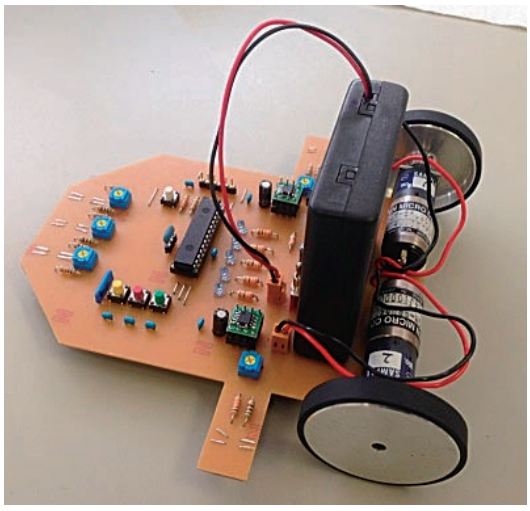

写真１　改良を加えたロボット

全長を抑えたため、半径 100mm のカーブも曲がる事ができるようになり、安定した走行をするようになった。

ロボットのさらに安定させた走行をめざすためタイヤの検討をした。当初モータの軸に合わせたホイールで、早く走行するために径の大きなものを取り付けていた。しかし、回転数の高いモータを選択したため、大きな径のタイヤを駆動するのにトルクが小さいことが分かった。それでホイールが軽く、グリップの良いタイヤを検討し調整を図った。

それでもコースにより速度が上がった状態では、急なカーブに差し掛かるとタイヤの滑りによりコースアウトしてしまうことがあった。ロボットの重量を小さく、重たい部品の位置の検討、グリップの良いタイヤの選定、トルクを大きくするためのギヤの挿入、径を半分ほどの小さなタイヤへの交換することとし、走行時にタイヤが滑らないよう調整するためにロボットの改良を試みることとした。写真 2 は左から初期のタイヤ。右はギヤを取り付けた状態である。

写真 2　タイヤの検討

2.3　競技会後の改良ロボット

最終的に改良したロボットは 190 × 163mm となった。全長は伸びたが、センサとタイヤの距離は 126mm から 83mm と短くなっている。

さらにエンコーダ、ブザー、ギヤ、グリップの良いタイヤを加え、トレースセンサを 8 つに増やした。これにより正確にコースを読み取ることを目標とした。これら取り付け部品の増加に伴い、マイコンの変更をし、入出力ポートの多いものとした。（写真 3）

グリップの良いタイヤを 4 つ取り付け、間にギヤを入れることで安定した走行が可能になった。さらにセンサを増やしたため、より正確にコースを読み取ることが可能になった。

今まではセンサの反応を LED の点滅で確認していたが、走行中の確認は難しいため、スタートゴールマーカやコーナマーカを読み取った場合、ブザー音で確認ができるように改善した。

エンコーダを入れたことで、距離の測定が可能になった。マーカの距離を測り、マーカ読み取り時のチャタリングを距離測定により防止できるようになっている。次のカーブまでの距離を計算することもできるため、速度を変えたメリハリのある走行が可能になると考える。

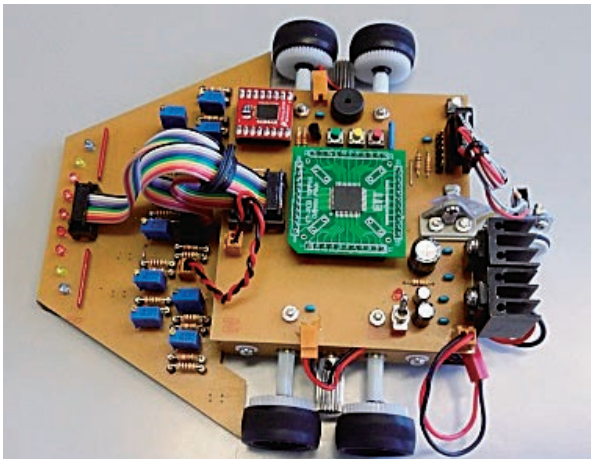

写真 3　最終的に作成したロボット

3. 制御プログラムについて

3.1　速度制御

速度制御はマイコンの CCP モジュールの PWM 制御を用いている。PWM 制御とは Pulse Width Modulation（パルス幅変調）を用いた制御のことである。モータはブラシレス DC モータを使用している。DC モータは定格電圧を加えると最速で回転する。この直流電圧をパルス変調することで DC モータに流れる平均電流を変えることができ、速度を変更することができる。

コースのトレースは右のモータと左のモータの回転速度を変えることによって行った。コースの形状を 5 つのパターンに分けた。直進、左カーブ、右カーブ、左急カーブ、右急カーブである。

カーブを普通のカーブと急カーブに分けたのは、急カーブを曲がる場合、機体が大きいため曲がりきれずコースアウトしてしまうのを避けるためである。

図 2 にカーブの違いによる動作について記す。

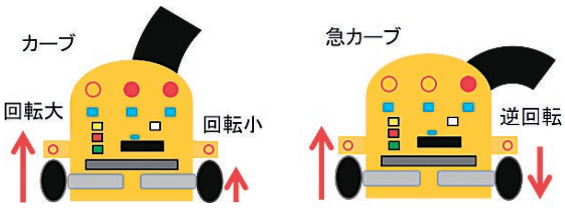

図 2　トレースパターン

センサの反応の違いを利用し急カーブの場合は曲がりたい方のモータを逆回転させ、急なカーブもトレースすることが可能になった。

3.2　マーカの読み取り

マーカにはコーナマーカ、ゴールマーカ、スタートマーカがある。

マーカの読み取りにはチャタリング除去を考慮する必要がある。マイコンの処理速度が速いため、一つのマーカを検出するのに何度もセンサが反応しているように処理されてしまうためである。今回はタイマモジュールを使用し、最初のセンサの反応後、一定時間はセンサを検出しないようにプログラムした。

さらにコースの中には十字路がある。機体が少しでも傾いていると誤動作してしまうことが分かった。原因は、当初コーナセンサとスタートセンサが同時に反応すると仮定してプログラムしていたが、機体が傾いていると、どちらかのセンサが早く反応してしまい、マーカとして認識していたことが原因であった。そこで、どちらかが先に反応すると、一定時間内にもう片方のセンサが反応するかどうか確認することで、十字路なのかマーカなのかを判断し、誤動作をなくすことができた。

ここまでのプログラムは 2 つ目に完成させたロボットで動作確認できた。しかし、電池の消耗によりモータの速度が減速していることが分かった。モータの移動距離を回転速度と時間により制御していたため、電池消耗による速度変化は細かな制御に対応できないことが課題となった。さらにタイヤの滑りによりモータ回転と比例した移動距離も見込めないことも課題であった。

これらの解決策はソフトウェアで行わず、ハー

ドウェアの改良という形で解決を図った。充電容量が大きく軽量なバッテリーへ変更すること、ロータリーエンコーダを取り付けて移動距離を正確に測定すること、グリップの良いタイヤの選定とギヤによるトルク調整を行うことで解決できると考えた。

3.3　距離の測定

最後に作成したロボットにはロータリーエンコーダが搭載されているため、正確な距離測定を目標にした。これまでは距離測定ができなかったため、マーカの幅やゴールマーカ検出後に停止するまでの距離を割出すのにモータの回転時間により制御していた。ロータリーエンコーダにより距離の測定が可能になったため、マーカのチャタリング防止プログラムはマーカの幅を考慮してプログラムし、ゴールマーカ検出後、機体全体がゴールマーカを通過できる距離をプログラムで計測し、停止できるようになった。

そのほかにもコーナマーカ検出後、次のマーカまでの距離を測定し、コースを記憶することも可能になると考える。

4. 教材として

今回の教材開発を 2 年次ロボットコースの「組込みソフトウェア応用実習」へ応用することができる。この実習ではマイコンを用いて DC モータを速度制御し、光センサを用いてラインをトレースする課題を扱う。さらにロータリーエンコーダを用いて距離測定を行う方法や、センサ工学で学ぶジャイロセンサや加速度センサを用いて回転角度など求めることもできる。ジャイロセンサや加速度センサは角加速度や加速度をセンサ信号としてマイコンに取り込むことができるため、マイコンで計測した時間を演算することにより、回転角度や速度を算出することが可能である。

さらに教材として、安価な材料を用いることも求められる。今回ライントレーサで使用したモータは高価なものであったが、速度を抑えた安価な材料を使用し、ノイズを抑えるためにモータと電子回路の電源を別にするなど工夫するなら今回作成した回路をほとんど変更することなく教材にすることができる。PWM 制御と機体の製作までで 2 単位とし、その後ロータリーエンコーダやジャイロセンサなど各種センサを制御した正確な走行をめざすことを目標とし、さらに 2 単位を用い実習することができる。

5. おわりに

今回の教材開発を通して、電子情報技術科で学ぶ様々な分野を合わせた総合的な学習としてライントレースロボットを製作できることが分かった。それぞれのロボットの抱える問題点を考察することによりハードで解決できる問題とソフトで解決できる問題を整理して必要な改善策を考察することで大変学びの多い開発内容となった。競技会へ出場し、多くのロボットを観察したことで様々なアイデアを吸収することもできた。

今回の教材開発では搭載することができなかったが、コースの径や方向を読み取るために加速度センサやジャイロセンサ、電子コンパスなどを組み込むことにより、より正確でメリハリのあるトレースが可能になると考える。今後センサの実習教材としても応用していきたい。

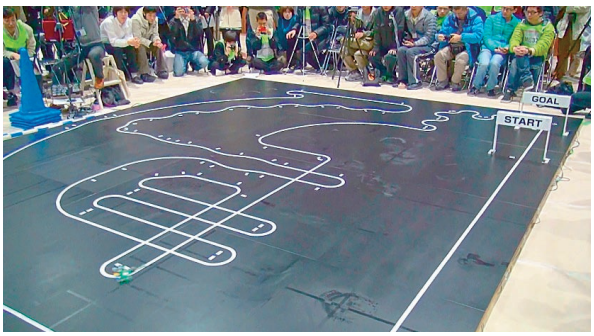

写真 4　競技会の様子

文献

1) 後閑哲也 , C 言語によるプログラミング入門（改訂版）, 技術評論社 ,2012

著者 E-mail Kishida.Kayoko@jeed.or.jp

有形文化財の改修に関する地域文化継承活動報告

－「平成郷蔵普請」による地域コミュニティの構築－

住居環境科　菊池　観吾

Report on a succession activity of local culture
about the renovation of a tangible cultural property.
－ Constraction of local communities by
”Reconsuraction of an Edo Era Storehouse in Heisei” －

Kango KIKUCHI

概要　島根県西部を流れる江の川は、古くは江戸時代から明治にかけて山陽と山陰を結ぶという点で交易の要路とされ、「高瀬舟（帆船）」による舟運が発達していた。その江の川の舟運商として現在の江津市桜江地域で繁栄した中村家で、発見された大量の古文書の中に、「郷蔵普請帳」があった。「郷蔵」は、現在でも中村家に有形文化財として現存しているが、その「郷蔵」を昔ながらの方法で、改修することで、自然と共存してきた江戸時代の知恵について学ぶとともに、飢餓に備えるための蔵として、協同作業によって建設した先人の精神を想いお越し現在に伝える「郷蔵普請活動」を NPO 法人「樹冠ネットワーク」が実施した。この活動は、文化庁の平成 22 年度「NPO による文化財建造物活用モデル」に「自然共生に学ぶ郷蔵改修・はじめの第 1 歩」として採択され、更に本活動を記録集にした「平成郷蔵普請帳」も発行した。そして継続的に、この 2 つの活動への支援を、ポリテクカレッジ島根として実施してきた。その活動経過と状況を報告する。

1. はじめに

1.1　郷蔵普請文化継承

過疎高齢化の進む島根県江津市桜江地区において行われた古文書調査（「桜江の古文書を現在に伝える会」が実施）の中で、見つかった「郷蔵普請帳」には、江戸時代の日本の建築文化・技術を後世に伝える精神を、垣間見ることができる。その「郷蔵普請帳」を基に、本来の日本の「自然と共存する文化」（図 1）を郷蔵改修活動の中で、地域の人々が感じ、継承していくことを目標にした 3 年間に渡るプロジェクト「平成郷蔵普請」を NPO 法人「樹冠ネットワーク」が、企画・実施した。このプロジェクトに、私も含めポリテクカレッジ島根住居環境科のスタッフが、当初から携わり、企画提案や技術支援、住居環境科学生の体験実習等を進めて来た。また改修工事終了後に、実施した本プロジェクトの記録集「平成郷蔵普請帳」制作の執筆・編集にも関わり、後世への文化・技術の伝承活動にも継続して携わった。

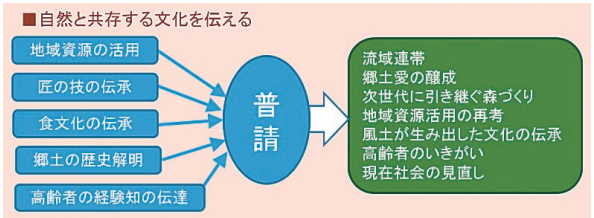

図 1　郷蔵普請文化継承体系

1.2　樹幹ネットワークの活動

この活動の主体団体である「樹冠ネットワーク」の活動・業務（事業活動の概要）は、自然豊かな江の川流域で、山林にある自然の恵みを生かす暮らしの知恵を古文書や高齢者の経験から探り、生活に取り入れる方法を研究、提案していくことである。自然の摂理に沿うことで、便利快適を求める現代が忘れてしまった「待つこと」「備えること」を学び、森林荒廃の解決と里山の環境保全、野生動物にも人にも暮らしやすい地域づくりをめざす団体である。

1.3　郷蔵とは

江戸時代、農村に設置された公共の貯穀倉庫で、本来は年貢米の一時的保管倉庫であったが、中期以降は、凶作飢饉に備える備荒貯穀用として利用、後には貸出しも行われ、公の蔵として地域の人々の協力によって建設された。郷蔵の建物は村有、官有などがあって一定しないが、敷地は免税地で普通は、村役人が管理し全国各地に存在していた。

1.4　普請（ふしん）とは

普く（あまねく）人々に請う（こう）という意味で多くの人々に呼びかけて労役についてもらったことに由来する。社会基盤を地域住民で作り維持していく事を指す。現在では、「普く請う」の意味が薄れ､建築や土木工事の意味として「普請」がつかわれるようになった。今回の「普請」は、本来の意味に基づいて、広く参加を呼びかけ、協働の力で蔵改修を試みようとするもので、後世に引き継ぐ地域の歴史的財産として、また自然を利用してきた昔の人の知恵を伝える場として、新たな地域コミュニティを作りあげることを目的にしている。

2. 郷蔵建物概要（調査内容）

2.1　建物概要

中村家は、石垣を築いて造成され屋敷地で、東面の山を背にして主屋が建ち、郷蔵は南端の石垣の上に建つ。当蔵は、6 尺 5 寸（1970mm）を、1 間とする 2 間× 3 間半の 2 階建ての土蔵造りである。屋根は、小屋組（合掌登り梁形式）に瓦を直接載せる一重屋根で、石州陶器赤瓦を葺いた切り妻形式である。大戸口（主入口）は、平（ひら）側にあり瓦葺きの大庇が掛っている。外壁は、大壁造りで軒裏・ケラバを塗り籠めとしている。改修前は、壁や塗り籠めの一部が剥落し、一部は新建材などで補修されていた。床面積は、1 階、2 階共に 27.16 ㎡、延べ面積は、54.32 ㎡である。屋根勾配は、4 寸 5 分、ケラバ・軒の出は共に 900mm で、軒高は、土台下面から桁天端まで約 4200mm である。基礎部分は、花崗岩の敷石が設置されその上に直接、栗材の土台が敷かれ、柱等の架構材が設置されている。

部材には、経年による木部の不朽が見受けられ、1 階、2 階共床に不陸、傾きがみられる。四隅、平部分の柱は通柱で、妻側は、胴差が入り 1 階、2 階それぞれに管柱が設置されている。現状では、正確な計測は難しいが、梁間方向に約 2 寸（6 ㎝）ずつ意図的な転び（上部が窄んでいる）が観察できるが、これには構造的なバランスを考慮した先人の知恵（対策）であると推測できる。[1)]

写真 1　改修前郷蔵の外観

写真 2　改修前郷蔵の内観

2.2　現状調査

建物調査は、現場での目視、計測（スケール、レーダーレベル機活用）、聞き取り、中村家の古文書などの歴史的資料などを利用して実施した。

①　構造

両妻壁は、屋根を支える棟持ち梁を受け、2 階床は、桁行方向に 3 間半スパンに架かる大梁で支える構造になっている。桁行き柱列は、隅を含め全て通し柱の通し貫構造である。柱頭に桁が載り棟持ち梁へ合掌材（登り梁）が、1 間間隔に架かる。合掌材には鼻母屋、母屋、棟木が載る。垂木は小間中（985/2mm）に架けられ軒、ケラバの出は、通常の蔵より大きく 900mm である。

②　樹種

構造材は、小屋組の梁、桁類は松材を主体とし

ているが、軸組部の柱は、1階で間仕切りを除く柱21本すべてが栗材で2階は、両妻側の管柱6本と1階出入り口脇の柱を除く15本が、栗であり最下部の土台は栗材、貫材は桧材を使用している。

造作材としては、床板類に栗材、開口部枠類や垂木や野地板、根太等（一部竹野地）は、桧材が使われている。

③　番付

柱に漢数字が記されていることが、確認できるがこれが、番付である。番付は、建物が建っていた状態で内側から付けられたもので、解体して再建（移築）する時に、部材の位置が確認できるように付けられたものである。柱のほか貫や母屋、床板、梁、根太等にも漢字や符丁となる記号が、付けられていることから、過去に建物ごと解体して移転した経過があると推測できる。このことからも、本来日本の建築文化は、Reduceであり、現在のScrap and Build化とは正反対であると言える。

④　痕跡

1階の西側（階段側）の妻側柱や2階の北側の壁中央付近の柱に鴨居の取り付いた跡があることから、開口部（窓）が設置されていたと考えられる。また聞き取りによると、東側の半間に出入り口、南側の開口部（窓）などは、戦後住まいとして活用された時に設けられたと推測できる。また1階床下の芋窯もその時期のものである。更に繰り返された江の川の大洪水により、床上浸水の被害に遭い、床下にヘドロが堆積したまま残っている。土壁などの外壁の剥落も水害によるものだと考えられる。構造材も経年と水害により下部の土台や柱の腐朽が進行している。また小屋組み材（梁材や桁材）の1部には、シロアリ被害に伴い虫食い穴が多数みられる箇所も存在する。[1)]

3.　郷蔵普請活動の事前計画

3.1　工事体制（人的）計画

この平成郷蔵普請活動は、従来の「普請」の精神（多くの人々に呼びかけて労役についてもらうこと）に沿い、樹冠ネットワークのメンバーを主体に、幅広く一般のボランティアを募る参加型の改修作業を進めた。また専門的技術の必要な大工、左官、瓦葺きなどの重要工事の一部は、専門的技術者の協力を得た。そして工事の全体的なコーディネーター役として、地元で実績、経験のある宮大工職、左官職の技術者に依頼し工事を進めた。また技術・文化の継承を教育の点から地元小中学校の児童・生徒、短大・大学の学生にも体験ワークショップに参加してもらった。

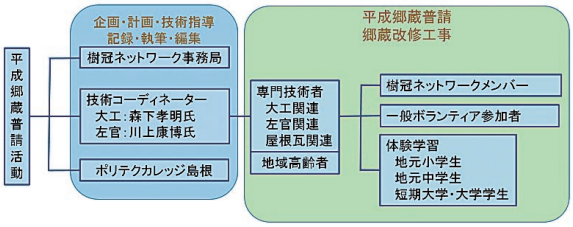

図2　平成郷蔵普請改修工事体制

3.2　材料の調達計画

蔵には、木材、土、竹、藁、石等の自然素材が使われている。改修工事にも、地産池消の文化を継承し、できる限り現場近くでそれらの材料を、「はじめの一歩」として、1年かけて調達する。

材料の調達時期も、それぞれの素材の適期を考慮して、施工時期に合わせて時間を掛けてじっくりと加工準備をする。このように自然の摂理に沿うことで、それぞれ素材はその長所を最大限に発揮してくれる。

写真3　材料調達（真竹）

写真4　材料加工準備（壁土材の練り作業）

3.3　工程計画

材料の調達時期、加工期間、熟成期間、施工の適期、工事期間、養生期間、作業人数等考慮して以下の 3 年の工程計画を経てた。

◆ 1 年目（2011）

①　材料集め
（木材、土、竹、藁、石他）

②　足場組み

③　材料加工
（壁土練り、縄ない、こも編み、竹加工等）

◆ 2 年目（2012）

④　解体撤去
壁土撤去
屋根瓦撤去

⑤　構造材・下地改修・上棟式
（軸組、床組み、小屋組み、床下地、小屋下地）

⑥　屋根工事（瓦葺き）

⑦　竹小舞い組み

⑧　造作
（床仕上げ、階段、窓枠等）

◆ 3 年目（2013）

⑨　土壁塗り
（荒壁、裏戻し、中塗り、仕上げ）

⑩　建具制作
（土戸、框戸）

⑪　三和土土間打ち

⑫　その他仕上げ

⑬　完成

⑭　完成を祝う会

写真 5　蔵の壁小舞竹組

4. 郷蔵改修工事（郷蔵普請活動）

4.1　伝統的建築技術の伝承

現在の建築工事は、効果効率・便利快適を優先し、古代から近世まで伝承・積み重ねられた自然素材を活用し、自然の摂理に沿って工事を行う伝統的な建築技術の活用数は減少している。本プロジェクトでは、素人でもできる工事とプロにしかできない内容を判別し、専門的な工事の必要な場合には、伝統建築技術者（大工・左官・瓦工事）に工事の担当指導をしてもらう。そして工事の全体的なコーディネーター役として、宮大工の森下孝明氏、左官職の川上康博氏を配して伝統技術の工事・伝承を行った。

写真 6　伝統建築技術者（瓦葺き作業）

4.2　地域高齢者の経験知の伝達

日本の地域社会における建築も含めた文化の継承は、その地域に居住する高齢者の経験知を伝え聞き、伝承されてきた経過がある。本プロジェクトでも、専門的技術者のサポート役として樹冠ネットワークメンバーでもある地元地域在住の高齢者の協力を得た。材料の調達方法、昔ながらの道具の使用方法伝授、専門的技術者不在時の工事管理役など工事全般において中心的な存在であった。

写真 7　地域経験知の伝達

4.3　参加型の建築作業によるコミュニティの構築

本プロジェクトの最大の目標は、世代や年代を超えた地域コミュニティの再構築であることから、

子供から年配者まで多くの協力を得ることが必要になる。そこで 3 年間の活動期間において、下記の通り合計 20 回のワークショップ形式の参加型改修工事としてボランティアを広く募集した。

① 郷蔵普請はじめの第一歩
- 2010.09.19：赤土採取
- 2010.10.11：竹の採取
- 2010.11.11：わら縄ない、こも編み (1)
- 2010.11.23：わら縄ない、こも編み (2)
- 2011.02.20：竹割、木の枝払い

② 足場づくり、解体ワークショップ
- 2011.06.19：足場作り
- 2011.07.16：部分解体

③ 瓦下しワークショップ～棟上げ式
- 2011.10.10：瓦おろし
- 2011.10.12：瓦あらい、裏書き（記名）
- 2011.10.22：棟上げ式
- 2011.11.27：竹小舞かき
- 2011.12.11：竹小舞かき、巻竹づくり

④ 土壁塗りワークショップ
- 2012.03.04：土練り
- 2012.03.25：荒壁塗り
- 2012.05.05：土無塗り裏戻し
- 2012.06.03：むら直し

⑤ 完成までのワークショップ
- 2012.10.08：竹編み
- 2012.11.25：柿渋塗り
- 2012.12.09：三和土

⑥ 郷蔵の完成を祝う会
- 2013.03.03：郷蔵の完成を祝う会

写真 8　完成した郷蔵外観 1

写真 9　完成した郷蔵外観 2

4.4　次世代への文化伝承教育と地域活性化

以上の全てのワークショック活動において、地域の小・中・高等学校の児童・生徒、大学の学生に参加を呼びかけ、郷土の歴史や自然、伝統技術について学んでもらい、自分たちの住む地域に誇りをもってもらい高齢化が進む地域の活性化に繋げた。

① 2011.05.31：桜江中学校 1 年生・壁土塗り体験
② 2011.06.04：ポリテクカレッジ島根住居環境科学生・壁土塗り体験
③ 2011.06.20：桜江小学校 5 年生・壁土塗り体験
④ 2011.10.10：ポリテクカレッジ島根住居環境科学生・壁仕上げ塗り体験
⑤ 2011.10.15：桜江小学校 5 年生・竹伐体験
⑥ その他のワークショップにも島根大学学生やポリテクカレッジ島根の学生もボランティアで参加
⑦ 2011 年度ポリテクカレッジ島根住居環境の学生が総合制作課題として本プロジェクトの内容を研究報告
⑧ 日本に留学中の海外の学生（アメリカ・フランス他）の参加も複数人ありグローバルな文化交流もできた。

写真 10　体験学習：大工工事（地元小学校）

写真 11　体験学習：左官工事（ポリテクカレッジ）

5. 記録集「平成郷蔵普請帳」の作成

この 3 年間のプロジェクトの内容は、多くの画像や動画で記録してきたが、プロジェクトの完結に伝承・伝達という点で工事内容を時系列的に整理し冊子にまとめる必要性があった。そして樹冠ネットワークから依頼を受けて記録集「平成郷蔵普請帳」の出筆・編集を担当させてもらうことになった。

そして、以下の作成主旨を基に、技術者等へのヒアリングなどを行い、事務局・デザイナーの方と協働で出筆・編集作業を進めた。

① 本プロジェクトの全体概要が解る内容
② 「普請」の精神、多くの人の参加そしてそれを末永く伝える精神が解る内容
③ 専門伝統技術の伝承・伝達ができるよう、時系列的に工事手順が解る内容
④ 技術資料としても活用できるよう、建物概要や図面等も入れて構成する内容
⑤ 一般の方にも興味がもてるよう、専門的な文章の表現を工夫して写真やイラストを中心に内容を構成する。（概要を英語で表記）
⑥ 建築文化だけではなくイベント中、地元の婦人会の協力による、地元素材で造られた郷土料理の提供など食文化の内容も伝える。

写真 12　記録集「平成郷蔵普請帳」表紙

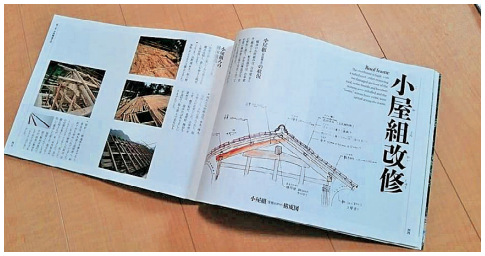

写真 13　記録集「平成郷蔵普請帳」内部

6. おわりに

この 3 年間のプロジェクト「平成郷蔵普請」には、単に有形文化財を時間と人手を掛けて修復したという結果だけでなく、現在社会が忘れてしまった以下のような多くの精神が詰まっている。

◆山林にある自然の恵みを、建材・食材・暮らしに活かす先人の知恵
◆木・土・竹・藁・石等ほとんどの素材が、地産池消を基に使われ、使われた最後は、土に還るという究極のエコロジー精神
◆自然の摂理に従い、じっくりと時間をかけて素材の特性を生み出し活用する技
◆大切な先人の技術継承
◆世代や地域を超えた交流から生まれた協働（結）の精神
◆森林荒廃の解決と里山の環境保全他

などである。そしてこの活動に係った、延べ 1000 人余りの参加者の方たちが、直に感じ取ったこの精神を、今後どのように伝えられるかが重要である。

この活動は、樹冠ネットワークの活動主旨である、地域コミュニティの再構築、地域活性化につながる仕組みづくりの導入モデルとして評価されているが、今後如何に活動を継続させることができるか、改修した「郷蔵」の継続した活用方法や保全など今後検討していく必要がある。

文献

1)「桜江古文書を現在に生かす会」報告書～中村家古文書あ・ら・か・る・と～ , p.5-8, 渡辺孝幸氏報告内容一部引用

著者 E-mail Kikuchi.Kango@jeed.or.jp

土蔵の再生

―空き家となった土蔵のリノベーション―

住居環境科　今村　将人

Revival in a warehouse
― Renovation in the warehouse which became a vacant house ―

Masato IMAMURA

概要　空き家となった古民家に付属する土蔵のリノベーションを実施。その後の土蔵は地域のイベント会場として利用されることとなり、新たに息が吹き込まれたと同時に、人々が集う空間へと生まれ変わった。本報では、学生とともに３年にわたる総合制作実習において取り組んできた当該工事の作業内容をまとめ、空き家となった土蔵のリノベーションにおける技術的要点（設計及び施工）を洗い出し、整理することとする。

1. はじめに

近年、地方にある古民家や蔵は、過疎化や居住スタイルの変化に伴い空き家となり、解体されるものがほとんどである。しかし、これらは高度な大工技術を駆使して造られた貴重なものであり、後世にその素晴らしさを伝えていくことも必要である。そのため、一方ではこれらをリノベーションし、再利用する活動も全国的に増えてきている。

このような中、江津市内の空き家となった古民家に付属する土蔵を、地域交流の場として使えるよう改修して欲しいとの依頼が地域住民からあがり、総合制作実習テーマとしてリノベーション工事を行うこととなった。以下に、今回取り組んだ内容と全体の流れを示す。

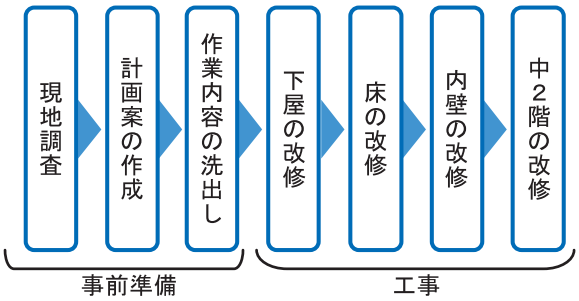

図１　全体の流れ（ワークフロー）

2. 現地調査

現地調査を実施し、現況を図面化するとともに劣化状況を把握した。当該蔵のある古民家は、明治中期頃に醤油製造・販売で栄えた歴史を持ち、当該蔵は醤油蔵として利用されていたものである。出入口には麹室を持つ大きな下屋（約 30 ㎡）が掛かり、約 60 ㎡ある蔵内の天井高は４ｍ以上（天井板無し）あり、壁は土壁仕上げ、床は土間で、一部に梯子で昇降する中２階を持つ構造となっている。調査の結果、下屋部分の蟻害や腐朽が酷く安全上問題があることが判明した。また、蔵内の壁は麹菌等の付着によりかなり汚れており、土間は表面が削れて不陸が酷くなっていた。尚、蔵内に電気・ガス・水道は通っていない。

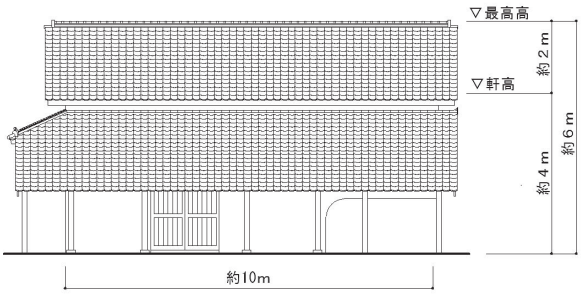

図２　北側立面図（蔵の正面）

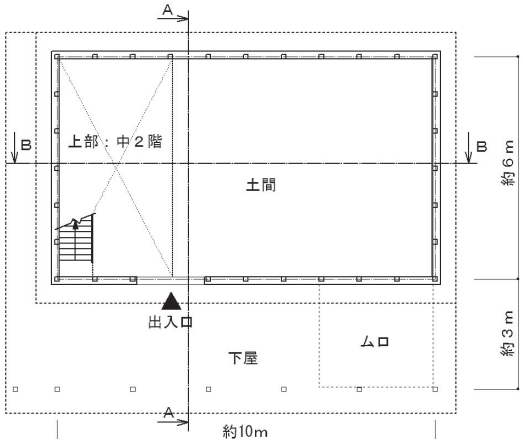

図３　平面図

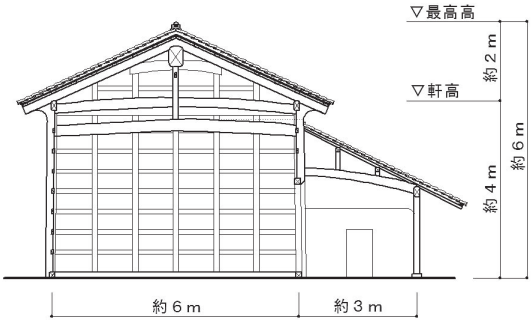

図４　Ａ－Ａ断面図

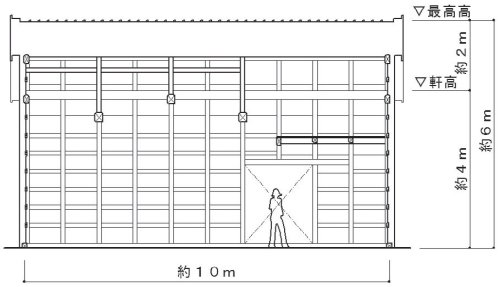

図５　Ｂ－Ｂ断面図

図６　改修前の状況（左：下屋部、右：蔵内部）

3. 計画案の作成

利用者である地域住民からは「リノベーションの方向性から提案して欲しい」との要望であったため、別の総合制作グループによりプランを検討し、提案した。その結果、「地域住民が集える明るい空間にする」というコンセプトが決定した。

図７　提案プラン（内観パース）

4. 作業内容の洗い出し

現地調査及び提案プランをもとに、必要とされる作業内容の洗い出しを行った結果、以下の項目があがった。

・下屋の劣化部分を更新し、安全を確保する。
・暗く汚れた内部を、明るい材料で更新する。
・囲炉裏を設けた小上りを新たに設置する。
・中２階を安全に活用可能とする。

更にこれらの作業順序とその詳細も検討した。

まずは安全の観点から、蟻害及び腐朽した下屋の改修作業を第一とした。それには柱、桁、垂木数本の取り替え、及びそれに伴う土葺き瓦の葺き替え作業が必要であり、これを１年目のテーマとして実施することとした。

次に内部の改修であるが、改修途中でも使用可能とするため、床の改修を第二とした。これには不陸の調整、叩き土間の施工、囲炉裏及び小上りの施工が必要であり、これを２年目のテーマとして実施することとした。

続いて内壁の改修であるが、既存壁の上から、上部は漆喰を塗り、下部は杉板張りとすることとした。これには足場の設置も必要である。

最後に中２階の改修であるが、これには階段の設置、床の張り替え、手摺の設置が必要である。

これら内壁及び中２階の改修を３年目のテーマとして実施することとした。

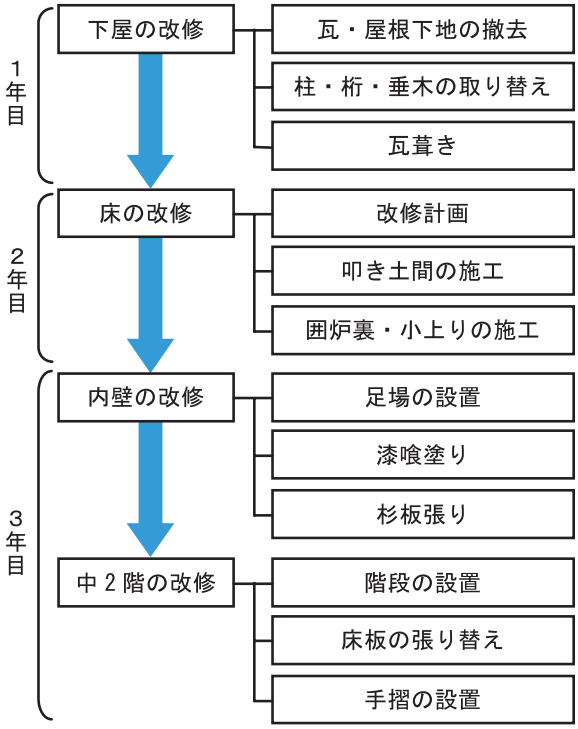

図 8　工事の作業順序及び詳細

5. 下屋の改修

5.1　瓦・屋根下地の撤去

足場を組み、再利用するため瓦一枚一枚を外した。土及び竹野地による屋根下地はスコップ等にて解体した。土も再利用するため 1 カ所にまとめ、シートをかけ保管した。

図 9　撤去の様子（左）と撤去した瓦（右）

5.2　柱・桁・垂木の更新

躯体のみの状態としたところで再度、蟻害及び劣化度の調査を行った。結果、柱 7 本のうち 4 本、桁の過半、及び垂木数本の更新が必要であることが分かった。

図 10　下地撤去後の下屋（左）と蟻害状況（右）

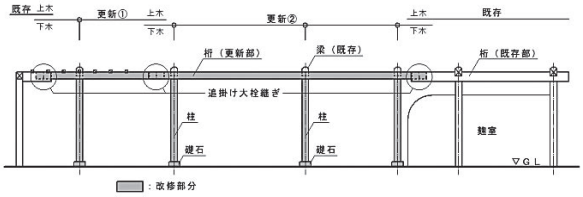

図 11　改修案（軸組図）

桁、柱材に関しては、当該古民家の敷地内に保管してあった状態の良い未使用の古材（140×140×6 m）を数本提供していただいたため、それらを鉋掛けし使用した。

新設する柱に関しては、下部は礎石建て、上部は通しホゾとした。礎石との取り合いには金物は用いず、小ホゾのみにて接続する形とした。また、上部の通しホゾは本来込栓打ちとすべきところではあるが、同一カ所に梁が掛かっていることから不適であると判断し、ホゾの木口より楔を打つことで仕口の固定度を上げた。

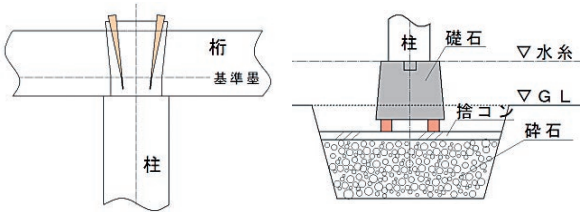

図 12　新設柱の部分詳細図（左：上部、右：下部）

桁は約 8 割を更新する必要があり、更新に必要な長さを得るため 3 か所の継手を設けた。継手には強度のある「追掛け大栓継ぎ」を採用した。更新方法としては、水糸を水平に張って基準をつくり、それに基づいて既存部材、新設部材に墨付けをするという方法を用いた。なお、新設柱の必要長さにもここで確認している。

桁にかかる太鼓梁の仕口は、元々「兜蟻掛け」となっていたが、更新前後の桁の通りが異なる（材

料が直通でない）ため、それに合わすための加工が必要であった。これには桁の劣化部分を取り除いた後に桁の水糸を戻し、それを基準に更新後の桁に合う兜蟻掛けの加工を新たに行うという手法をとった。梁が掛った状態での作業となるため、その難易度は極めて高く、今回の作業内容の中では最も高い技術・技能を要する箇所であった。

梁の仕口の加工が終わると、これを桁に写し取り、取合い部の加工を行った。

図 13　追掛け大栓継ぎ（左：既存部材、右：更新部材）

図 14　兜蟻掛け（左：既存部の梁、右：更新部の桁）

柱の礎石は、梁・桁芯の交点より下げ振りを垂らして位置を決め、地業を行ったうえで天端の水平を確認しながら設置した。

図 15　砂利地業（左）と礎石設置（右）の様子

組立作業では、桁の追掛け大栓継手、兜蟻掛けの組付けがうまくゆかず、調整を行いながら徐々に組む形となった。更新する柱においては、上下のホゾ長さ分だけ桁をジャッキアップしておき、ホゾを組入れ後、ジャッキを緩めるといった方法を用いた。主な構造躯体の組立が完成したところで、垂木の劣化部分を除去し、更新する垂木部材と母屋上でそぎ継ぎとした。尚、桁上端が直通でないため、垂木下端にかい木を施して垂木上端での不陸を解消した。

図 16　更新部の桁の組立て（左：仕口部、右：継手部）

図 17　更新部の柱の組立て（左：上部、右：下部）

図 18　更新完了後の様子

5.3　屋根仕舞

杉板にて野地板を張り、破風板、広小舞、登り淀、瓦座を設置後、藁（コモ）を敷いた。防水紙（アスファルトルーフィング）を使用すべきか迷ったが、ご協力いただいた職人の方から「土葺き下地にルーフィングを使用したら土が滑り下ってしまった」という経験談を聞き、昔ながらの藁（コモ）敷きを採用した。

図 19　野地板張り（左）とコモ敷き（右）の状況

5.4　土練り

保管しておいた土に水・藁を混ぜ、足踏みにより土練りを行い、1 週間ほど寝かせてなじませた。

足踏みによる土練り作業は思った以上に労力と時間のかかる作業であったが、特に技能・技術は要しないため、昔は地域住民によりこの足踏み作業が行われていたようである。

図 20　練る前の土の状況（左）と土練り作業の様子（右）

5.5　瓦葺き

数少ない土葺き瓦の施工技能を持つ職人の方に指導を頂きながら土葺き瓦を施工した。

まずは練り上がった土をバケツに入れて屋根上に上げ、土を葺いては瓦を設置していった。実際に施工してみて、形が不均一な古瓦を調整し納める為に土を使用していることがよく理解できた。軒瓦等は元来、松釘により留め付けられていたが、今回はステンレス釘を使用した。なお、土が固まり安定するまでは 1 週間以上かかった。

図 21　瓦葺き作業の様子（左）と完了後の状況（右）

6. 床の改修

6.1　改修計画

床の改修計画を詳細に検討し、図面を作成した。当初のプランとは異なり、小上りは奥に設ける計画とした。

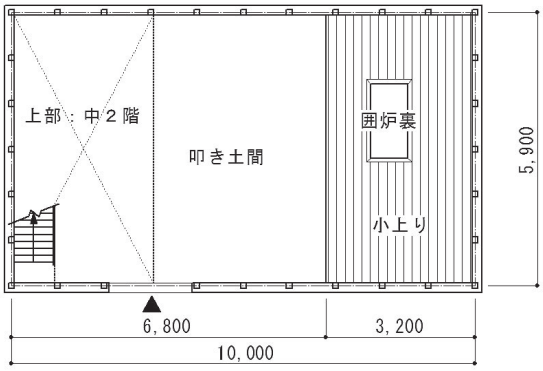

図 22　床の改修計画図（平面図）

6.2　叩き土間の施工

蔵内には大量の瓦礫や埃が堆積していたため、まずは地域住民の方々の協力を得てそれらの清掃・除去作業を行った。こういった作業の協力は、空き家改修の際は必須であると考えられる。

次に、叩き土間施工に先立ち、もとの土間の表層部を 10 ㎝程すき取って砂利地業を施し、その部分の地盤の締め固めとレベル調整を行った。

そして、いよいよ叩き土間の施工に入り、叩き土間の材料には土・砂・石灰・にがりを使用した。これを規定の割合で練り混ぜたものを一輪車で運んでは均し、木ゴテ等を用いて根気強く叩いた。作業効率を上げるため、小型転圧機も用い再度締め固めた。レベルを確認しながら同じ作業を 3 層にわたり繰り返し行った。

乾燥には約 1 カ月を要したが、当初はうまく硬化したように思われた。しかし、混合割合や施工に問題があったのか強度が無く、後の利用により表面が削れてきてしまったため、結果としては失敗であったと言える。やはり土の種類、割合、叩き具合などは重要で、経験に基づいた勘に頼る部分が多く、その微妙なさじ加減が仕上りの良否を左右するということが分かった。

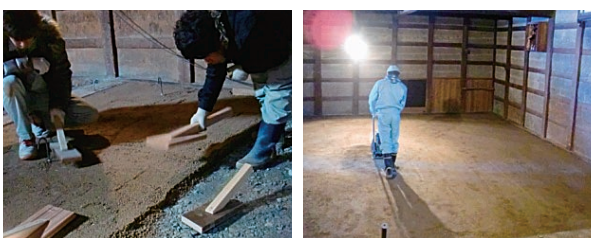

図 23　叩き作業（左）と転圧機がけ（右）の様子

6.3　囲炉裏・小上りの施工

廃校となった学校の教壇（1300 × 1800,H=150）を数台入手し、それらを並べて床とすることとした。ただし、地盤の補強と床高さ確保の目的から教壇四隅及び中間部に束を建てることとし、その位置の地業工事を行った。

オートレベル・水貫・水杭を用いて水盛・遣り方を行い、束位置を掘削して砂利地業を施した後、捨てコンクリート打ちを行った。床の上り口部分は布掘り、囲炉裏部分は総掘りして同様の地業を行った。

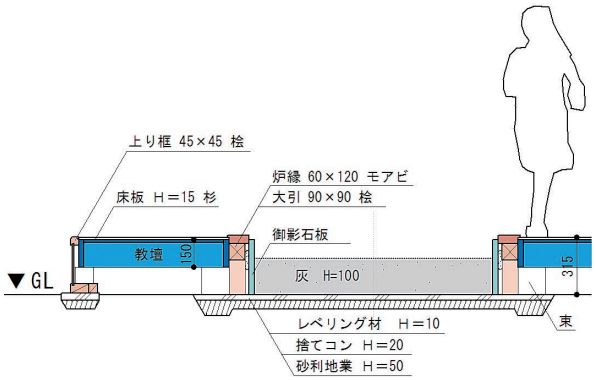

図 24　小上り・囲炉裏の縦断面詳細図

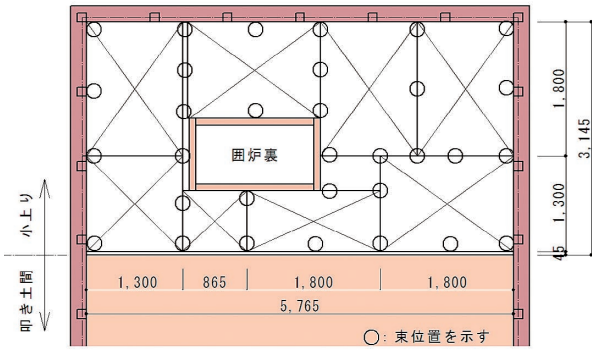

図 25　教壇及び束の配置図（床伏図）

図 26　遣り方（左）と捨てコン打ち（右）の様子

地業後は、束位置及びレベルの微調整を施しながら教壇を設置していった。床の仕上げとして、敷き並べた教壇上に無垢フロアー（t=12 ㎜）を直張りした。

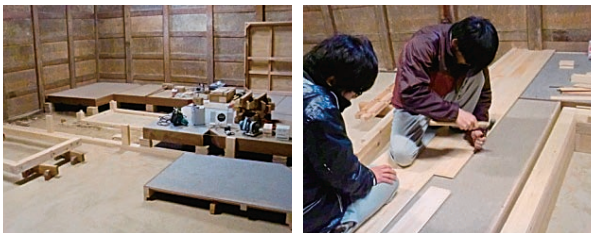

図 27　教壇の設置状況（左）と床板張りの様子（右）

囲炉裏の内部は御影石で多い、モアビ材にて炉縁を作成した。本来、炉縁は独特の複雑な仕口により組むが､難易度が高いことから今回は「大留」とした。しかし、胴付部に隙間が生じたため、こくそ（炊いた米と木粉を練ったもの）を詰めて乾燥後に鉋掛けし、隙間を埋めた。これは古来より家具等の補修に用いられている技法であり、木粉は炉縁の材料から取ることで目立ちにくくなった。

図 28　御影石の設置（左）と炉縁の大留（右）

仕上げとして火棚、自在鉤を上部より吊るし、囲炉裏付きの小上りが完成した。この囲炉裏の存在により蔵内部の雰囲気が想像以上に大きく変わったため、リノベーション後のイメージを大きく左右するのはこういったアイテムで、アクセントとして設置することが極めて効果的であると感じた。

図 29　完成後の囲炉裏と小上り

その後はイベントで使用され、一次的ではあるが、これまで暗い瓦礫置き場と化していた土蔵を人々が集う空間へと変えることができた。

7. 内壁の改修

7.1 足場の設置

まずは漆喰塗りを行うため、床を養生し、足場を設置した。

7.2 漆喰塗り

柱や貫が汚れないよう養生を施した後、土壁表面にシーラーを塗って土を定着させ、金ごてを用いて約 5 ㎜の厚みで漆喰を塗っていった。当該作業においては、屋根の土葺き瓦で来ていただいた左官職人の方に再度指導を頂きながら行った。漆喰には少量の色粉を加えて薄橙色とし、土壁の元のイメージを大きく変えないようにした。

図 30　漆喰塗りの様子

7.3 杉板張り

既存の壁には不陸があり、直に杉板を張るには難があった。そこで、壁面からの柱の出が大きいことを利用し、壁面より少し浮かせた位置に下地枠を設置し、そこへ杉板を張る手法とした。幅木と見切、下地枠を柱間に合わせて加工し、柱にビス留めした。既存柱が直通ではなかったため、杉板張りにおける柱際は柱くせを写して加工を施し張っていった。

こういった蔵や古民家の改修作業においては、通常の建物の改修よりも手間と時間を要するため、どれだけ経済的で効率的な方法を見出していくかが重要である。

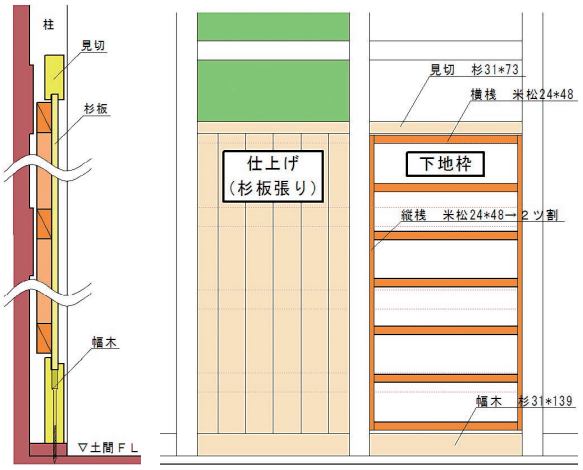

図 31　杉板張り部の縦断面詳細図（左）と立面図（右）

図 32　下地枠の取付け（左）と杉板張り（右）の様子

8. 中 2 階の改修

8.1 階段の設置

スペースが限られていたため、一部廻り階段とした。廻り階段部の製作は、採寸をもとに原寸図、型板を作成して行った。廻り階段部の組立て完了後、直階段部の側板を加工した。

階段は現在プレカット化が進んでいるが、昔は熟練大工の仕事であった。大工技術の衰退が問題視されている昨今、それらの技術を後世に伝えていくことも必要ではないかと考える。

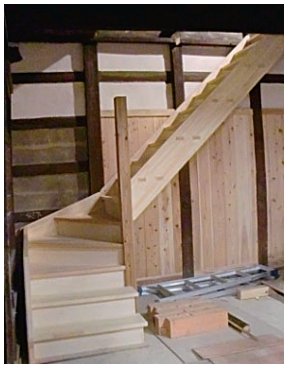

図 33　型板作成の様子（左）完成した階段（右）

8.2　床板の張り替え

床板が一部劣化により抜けていたが、松の無垢板（厚み約 30 ㎜）を入手し、既存の床板へこれを重ね張りすることで補強した。

入手した無垢板は別の古民家の天井板に使用されていたものであり、同時代に建てられた建物の廃材を再利用することは、環境配慮の面からも有効である。こういった材料の流通システムも成立するのではないかと考える。

8.3　手摺の設置

両端と中間 3 箇所に計 5 本の支柱を立て、上部を手摺で繋いで手摺子を設ける形式とした。両端の支柱は側面より壁際の柱に固定し、中間の支柱は床を貫通し梁の側面に和釘にて固定した。中央の柱は小梁に直面したため、小梁に対し地獄ホゾにて固定した。尚、手摺高さは落下防止のため、建築基準法に即して床上より 1100 ㎜とした。

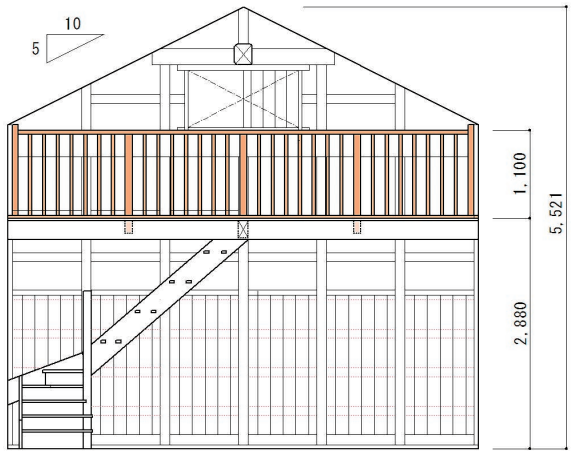

図 34　新設手摺計画図（立面図）

図 35　手摺組立ての様子（左）と完成後の手摺（右）

なお、蔵内への電気の配線及び照明の取り付けは、有資格者である地域住民の方によって実施された。

当該手摺の設置で、3 年にわたる土蔵の改修工事が全て完了する形となり、その後、完成記念イベントが催された。

図 36　改修後の土蔵で行われたイベントの様子

9.　おわりに

今回の活動を通じ、当時の大工は「正確でない材料を用い正確なものをつくる」ための多くの技術・技能を身につけていたことが分かった。また、当時から使われていた材料は 100 年以上経過した現代でも問題なく再利用することができ、それらを有効活用することは環境負荷軽減にも大きく繋がることが確認できた。

今後は、今回得ることができた多くの事項を多くの場所で発信していき、こういった伝統的木造建物の良さ、及びそれらを作り上げてきた高度な技術・技能の素晴らしさを後世に伝えていきたいと考える。

文献

1) 日本民家再生協会 / 編：よみがえる蔵 全国再生事例 44 選 , 丸善出版 , 2012（単行書 和書）

2）松留慎一郎 , 前川秀幸 , 田母神毅：図解 大工技術を学ぶ 道具・規矩・工作法 , 市ケ谷出版社 , 2006（単行書 和書）

著者 E-mail　Imamura.Masato@jeed.or.jp

島根職業能力開発短期大学校紀要
第２号（2015 年４月）

三層クロスパネルを使用した商品開発

－地域林業の活性化に向けた取り組み－

住居環境科　竹口　浩司

Product Development Using a Three-Layer Cross Panel
－ Efforts to Revitalize Local Forestry －

Koji TAKEGUCHI

概要　公益財団法人島根県西部山村振興財団が中心となり取り組んでいる事業に地域の間伐材や小径木を利用した三層クロスパネルの生産・開発がある。財団は、さらに多面的活動として利益性を上げるため建材としてだけでなく、家具やインテリア用品として、付加価値を付けて販売する方針で事業の展開を図っている。そこで、家具等デザインの提案を当校との共同開発で実施できないかと申し出があった。それを受け、学生とともに製品のアイデアワークを行い、モデルの製作を行った。結果、大阪で開催された国際見本市や島根県庁、浜田市役所などの展示により多くの方に評価を得るとともに、三層クロスパネルの PR を行うことができた。

1. はじめに

現在、戦後の拡大造林政策によって広がった人工林が量的に充実し、資源として本格的な利用が可能になっている。しかし、木材需要の低迷や輸入材の自由化、流通構造改革の遅れなどにより、国内の林業が衰退し、森林資源が充分に活用されていない。また、間伐をはじめとする施業も国産材の価格の低迷により採算がとれず、荒廃さえ危惧される森林もある。

公益財団法人島根県西部山村振興財団（以下、財団）は、地域林業の多面的活動として間伐材や小径木を活用した三層クロスパネルを開発した。さらに利用拡大を図るため、家具やインテリア用品の商品開発を当校と共同開発するに至る。

共同開発を通じて、新たな素材である三層クロスパネルの普及を図り、多面的活動を支援し、継続的な地域林業の活性化を目的とする。

2. 三層クロスパネルについて

三層クロスパネルとは、財団が開発した新建材であり、平成 25 年度、26 年度の 2 ヵ年に亘る島根県の公募事業として取り組んでいる。間伐材などの小径木を張り合わせることで一枚の板を形成し、二枚のヒノキ板の間に、スギの板を直行方向に挟んだ三枚重ねの無垢の積層板材である。

天然素材である無垢板は、一枚の中にむらがあり、性質も異なってくるが、三層クロスパネルでは、木材の伸縮や変化が少ない。さらに、節などの欠陥材を選別できることや、広葉樹などを挟むことにより、デザイン性も期待できる。

しかし、財団では 400×1600 ㎜の大きさが限界であり、建材としての活用は難しい状況にある。そこで、家具などの商品開発をすることにより、三層クロスパネルに付加価値をつけ、地域内外に PR し、利用拡大を図ることが必要になる。

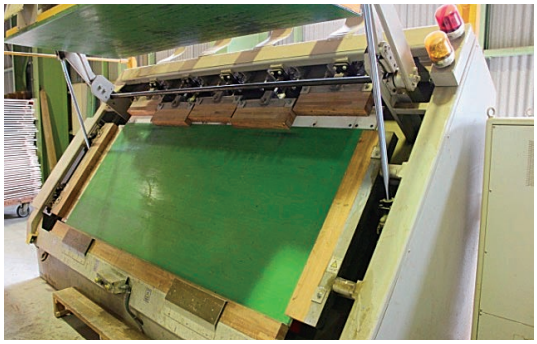

写真 1　三層クロスパネル圧着機

写真 2　三層クロスパネル（左から厚 30、24、21 ㎜）

3. コンセプト

協議は、平成 26 年 4 月から実施された。財団の意向により、平成 26 年 10 月 15 日～ 17 日に大阪で開催される『国際見本市 LIVING & DESIGN2014』での展示を当初の目標とした。また、平成 25 年度に財団が製作したテーブルとスツールがあり、そのデザインを引き継ぎ、リビングを想定した家具やインテリア用品の製作を進めた。本共同開発は、学生の総合制作実習課題でもあり、私が家具、学生がインテリア用品の製作を行うことにした。

写真 3　財団によるテーブルとスツール
「東京インターナショナルギフトショー春 2014」

4. アイデアワーク

デザインを考えるに当たり、三層クロスパネルがもつ特徴的なスギの木口に着目した。他の木材なら欠点となる木口だが、三層クロスパネルでは、綺麗なラインとして活かすことができると考えた。

留め加工や張り合わせ、照明器具としてのデザインや他の素材とのコラボレーションなど様々な加工を試み、三層クロスパネルの特徴を活かせるデザインを検討した。

写真 4　アイデアワーク

照明や他の素材との組合せは、三層クロスパネルの特徴が薄れてしまい、それ自体の PR が弱くなると考えた。そこで、シンプルな直角の留めや三方向の留め加工が三層クロスパネルの特徴を最も良く表現できると考え、それに絞ったデザインとした。

積層材の特徴である変形の少なさ、三層クロスパネルの特徴であるスギの木口ライン、原材の寸法に左右されないデザインとした。さらに、様々な留め加工を取り入れた壁棚 2 点を制作することにした。それぞれの壁棚の形から『六角壁棚』と『四角壁棚』とした。

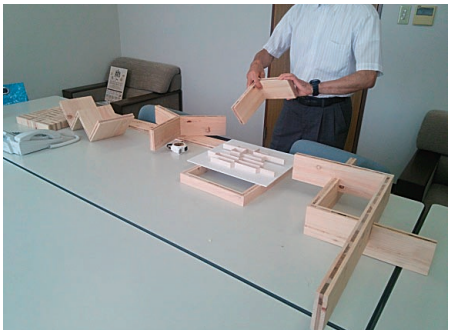

写真 5　財団との協議風景

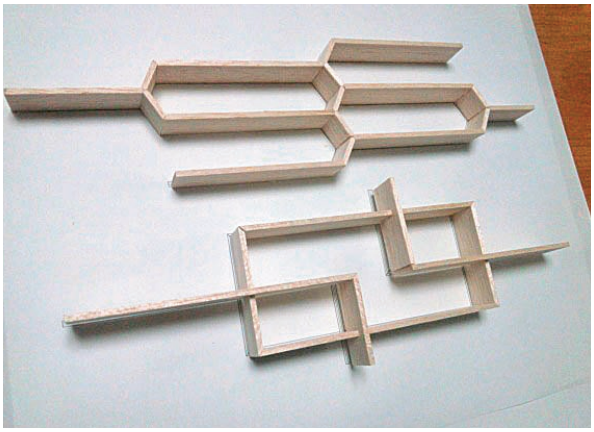

写真 6　模型によるプレゼンテーション

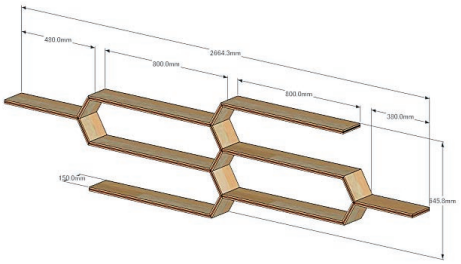

図 1　3D-CAD による図面『六角壁棚』

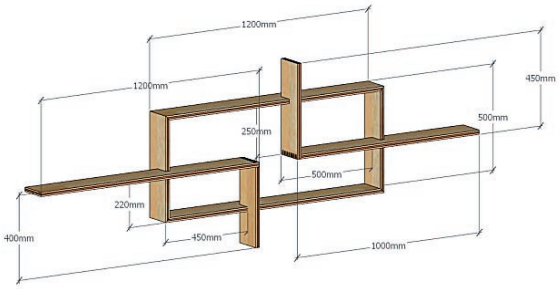

図 2　3D-CAD による図面『四角壁棚』

5. プロダクション

5.1　六角壁棚

六角壁棚の製作は、3 方向に板が交わる部分の接合部が課題となった。今回は、ベニヤを三角形に加工し、各板材に溝を掘りはめ込むことによりずれることなく固定が可能となった。

2 方向に板が交わる接合部においては、市販されているビスケットジョイントとした。また、接着時には、固定するため専用の治具を作成し、接着作業を行った。

塗装は、四角壁棚も同じく木目を活かすため、クリアのウレタン塗装とした。

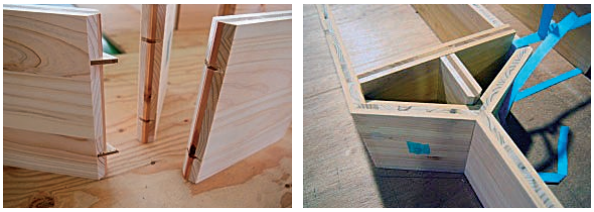

写真 7　3 方向接合部（左）と接着用治具（右）

5.2　四角壁棚

背面にあたる四角形は木口ラインを活かした留め加工とし、接合部にはビスケットジョイントを使用した。前に出ている L 形部のジョイントは、コーナーロッキングマシンを使用し、三層構造を意匠的に見せる継手とした。また、背面の四角形と L 形の接合は合欠きにすることにより、展示会場で組み立てを行えるようにした。

写真 8　L 形部の継手(左)とビスケットジョイント(右)

6. 展示

6.1　国際見本市 LIVING&DESIGN2014

平成 26 年 10 月 15 日～ 17 日に大阪国際会議場で開催された『国際見本市 LIVING&DESIGN2014』では、ブースのデザインも行った。ブースは、コンセプトにもあるようにリビングをイメージした白壁とし、各作品に目を向けてもらうためシンプルなデザインとした。中央にテーブルとスツール、新たに財団が製作したチェストを配置。六角壁棚と四角壁棚は、目につく高さで壁に固定した。

学生が製作した時計や花瓶をテーブルや壁に配置し、実際に使用されるときのイメージを持たせるため市販のインテリア用品とともに展示した。

展示会は、3 日間にわたり多くの来場者があり、評価を得ることができた。作品の説明資料は用意していなかったが、壁棚のラインやスギの木口、仕上げ塗装など、コンセプト通りの評価を得たことは、作品のデザインとして一定の成果を収めたと思われる。

写真 9 『国際見本市 LIVING & DESIGN』展示ブース

写真 10　学生による作品

6.2　島根県庁

大阪における展示を受けて、平成 26 年 12 月 11 日～ 22 日まで島根県庁ロビーで展示する機会を得た。大阪で使用した展示ブースの壁を L 字に組むことで展示を行い、作品説明用のパネルも準備した。

そこでは、島根県農林水産部林業課に三層クロスパネルによる作品を紹介することができた。また、県庁ロビーは多くの方が通られる場所でもあり、島根県内において、三層クロスパネルの PR を行うことができた。

写真 11　島根県庁ロビー

6.3　浜田市役所

財団のある浜田市の市役所ロビーにおいて、平成 27 年 1 月 9 日～ 20 日まで展示を行った。そこでは、浜田市長に対して、作品を紹介する機会を得て、学生と共に市長をはじめ多くの関係者や地元地域に対して三層クロスパネルの PR を行うことができた。

写真 12　浜田市役所ロビー学生（左）と浜田市長（右）

7.　おわりに

財団との共同開発が実現し、実際に商品として作品を仕上げたことは、当校の活動としても意義のあるものであった。作品も多くの方に見ていただく機会があり、今後の三層クロスパネルの商品開発に向けてよい刺激となり、さらなる改善にもつながった。

学生の総合制作実習の成果物表彰では、優秀賞を頂くなど、三層クロスパネルを使用した商品開発が、内外で評価を得たことは、大変嬉しく思う。

平成 27 年度においても、財団との共同開発として三層クロスパネルを使用した商品開発を引き続き行う方針であり、今年度の課題の改善と新たな学生の商品開発、さらには、実際の販売を視野に入れた取り組みを行う。

最後に、共同開発として一緒に取組みを行った島根県西部山村振興財団をはじめ、ご協力いただいた島根県西部農林振興センター、島根県庁、浜田市役所他、関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

文献

1) 森林白書 HP　http://www.rinya.maff.go.jp/

著者 E-mail　Takeguchi.Koji@jeed.or.jp

参　　考

【参考】　　総合制作実習テーマ（２０１４年）

生産技術科

・板金折り曲げ機の製作
　藤原　泰洋、浦丸　潤一、長谷川　匠

・スターリングエンジンの製作
　菅　恵一郎、林薗　梓、牧　篤志

・手巻きウインチの製作
　山本　龍摩、服部　祥大

・ジャイロゴマの製作
　中岡　佑太、三原　佑太、山田　祥平

電子情報技術科

・LED モジュール評価システムの改善
　堤　将吾、橋本　浩利

・カメラ搭載ラジコンの製作
　渡井　達郎、樋野　紳璃、川越　智博

・サッカーロボットの製作
　岩戸　啓輔、石倉　祐、田中　敦史、力丸　翔太

・マイコンを使用したライントレーサの製作
　船越　将輝、寺本　宏輝、佐々木　恵美、田中　萌子

・自動駆動式磁力吸着型壁面走行ロボットの製作
　原　瑞生、廣江　智聡

住居環境科

・江津駅前銭湯プロジェクトⅡ
　田中　健一郎、浜尾　雄大

・江津駅前商店街魅力アップ計画
　岸本　侑樹、中内　千智

・断面原寸大教材の作成
　池尻　岳史、岡田　尚貴

・三層パネルを使用した商品開発
　米原　朱美

・コミュニティを生み出す～学生広場の計画～
　上妻　敦貴、谷川　由布子

・土葺き瓦の施工に関する調査・研究
　景山　峻、松田　柚穂

BULLETIN
OF
SHIMANE POLYTECHNIC COLLEGE

No.2

April 2015

Akira Hirata：

Approach for Youth Monozukuri Skills Competition (milling machine Job category)
– Preparation and training method milling machine Job category – ····· 2

Hideaki TOBITA：

The production of the plastic injection molding die ····· 6

Seiji SAITO・Akira HIRATA：

Study on Autonomous Agricultural Robot for Practical Applications ····· 11

Masayoshi SAITO：

Development of Inverter Training Teaching Materials ····· 15

Kayoko KISHIDA：

The development of teaching materials that autonomous robot runs through the set course ····· 19

Kango KIKUCHI：

Report on a succession activity of local culture about the renovation of a tangible cultural property – Constrauction of local communities by ”Reconsuraction of an Edo Era Storehouse in Heisei” – ····· 23

Masato IMAMURA

Revival in a warehouse – Renovation in the warehouse which became a vacant house – ···· 29

Koji TAKEGUCHI

Product Development Using a Three-Layer Cross Panel – Efforts to Revitalize Local Forestry – ····· 37